Lund 1977

Nordiska institutet
för samhällsplanering

R 1977: 1

Standard i lokal kollektivtrafik — Metoder för mätning och beskrivning

Bengt Holmberg

Nordiska institutet för samhällsplanering

STANDARD I LOKAL KOLLEKTIVTRAFIK– METODER FÖR MÄTNING OCH BESKRIVNING

Bengt Holmberg

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

FÖRORD

Denna rapport utgör en sammanfattning av ett forskningsprojekt som utförts vid Nordiska institutet för samhällsplanering under åren 1971-75 på temat Standardbeskrivning av kollektivtrafiksystem.

Projektet har finansierats av Statens Råd för Byggnadsforskning och Transportforskningsdelegationen.

Forskningen bedrevs under de första åren av undertecknad. 1973 började även civilingenjör Göran Friberg arbeta inom projektet. Denne har sedan dess medverkat såväl vid planering som utförande och rapportskrivning. Göran Friberg har varit en ovärderlig medarbetare. Utan hans insatser hade projektet aldrig kunnat genomföras i den omfattning och med den fördjupning som nu varit möjlig.

Under 1973 började även fil kand Robert Lippoy som medarbetare inom projektet. Han har sedan dess bidragit med en avsevärd arbetsinsats på alla områden och med värdefulla idéer.

Fil kand Kjell Falkborn har sedan 1974 hjälpt till med att lösa statistiska problem, men framför allt med att utforma och skriva alla datorprogram utan vilka projektet ej kunnat utföras.

Jag vill härmed tacka dessa mina kolleger. Jag vill också tacka professor Stig Nordqvist som initierat projektet och som hela tiden fungerat som handledare.

Lund den 12 April 1977

Bengt Holmberg

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid
SAMMANFATTNING	9
SUMMARY	13
1. INLEDNING	19
2. BEGREPPET STANDARD	21
2.1 Olika standardfaktorers betydelse	21
2.2 Befolkningsgrupper och resändamål	28
2.3 Ett försök till strukturering av faktorerna i standardbegreppet	29
2.4 Precisering av och kommentarer till standardfaktorerna	33
2.4.1 Restidsstandard	33
2.4.2 Bekvämlighet	41
2.4.3 Säkerhet	43
3. MÄTNING OCH VÄRDERING AV STANDARD	44
3.1 Mätning av enskilda standardfaktorer	44
3.1.1 Attitydundersökningar	44
3.1.2 Beteendestudier	49
3.1.3 Jämförelse mellan attitydundersökningar och beteendestudier	52
3.2 Samhällsekonomisk utvärdering av transportsystems standard	53
4. BESKRIVNING AV STANDARD	57
4.1 Restid eller total resuppoffring som standardbeskrivningsparameter	57

Sid

4.2 Modeller för beskrivning av standard 59

4.2.1 Implicit beskrivning av transportsystems standard, åtkomlighet 59

4.2.2 Explicit beskrivning av transportsystems standard, tillgänglighet 61

4.3 Särskiljande resändamål 70

4.4 Särskiljande befolkningsgrupper 72

4.5 Beräkning av restid och resuppoffring i kollektivtrafiknät 74

4.5.1 Beräkning av resuppoffring genom sammanvägning av restidskomponenter 76

4.6 Uppskattning av resbehov 77

4.7 Områdesindelning 80

4.8 Sammanfattning av de redovisade metoderna för standardbeskrivning 81

4.8.1 Åtkomlighet 82

4.8.2 Tillgänglighet 83

5. TILLÄMPNINGAR AV STANDARDBESKRIVNINGSMODELLER 87

5.1 Identifiering av resrelationer med otillfredsställande restider 88

5.2 Tillgänglighetens variation mellan områden i en ort 91

5.3 Tillgänglighet vid olika resändamål 96

5.4 Resstandard för äldre och yngre personer 103

5.5 Tillgängligheten vid alternativa, hypotetiska lokaliseringar av arbetsplatser och bostäder 108

5.5.1 Alternativ arbetsplatslokalisering 108

5.5.2 Alternativ lokalisering av bostäder 112

Sid

5.6 Jämförelse av tillgängligheten med buss och bil 114

5.7 Förändringar av tillgängligheten vid förbättringar av befintligt busssystem 118

5.7.1 Restidsförändringar vid införande av en tangentiell expressbusslinje 120

5.7.2 Restidsförändringar vid införande av två expressbusslinjer samt kraftig höjning av turtätheten på befintliga linjer 122

5.8 Jämförelse av parametrarna restid och resuppoffring som mått på standard samt exempel på metoder att redovisa resuppoffring 126

5.9 Jämförelse av standarden i ett konventionellt linje- och tidtabellsbundet bussystem och taxibuss 129

5.9.1 Beräkning av resstandard 130

5.9.2 Jämförelse av standard mellan taxibuss och befintligt bussystem 133

5.9.3 Jämförelse av kostnader mellan taxibuss och befintligt bussystem 143

5.9.4 Sammanfattning och slutsatser 144

6. KÄNSLIGHETSANALYSER 147

6.1 Inverkan av standardkomponenternas vikter på valet av färdväg 147

6.2 Områdesindelningens inverkan på de beräknade standardmåtten 150

6.2.1 Beräkning av restider 151

6.2.2 Jämförelse av restiden mellan segmentpar och områdespar 153

Sid

6.2.3 Jämförelse av medelrestider beräknade för områdestyngdpunkt och segment 155

6.3 Slutsatser av känslighetstesten 159

7. LITTERATURFÖRTECKNING 167

BETECKNINGAR 171

BILAGOR 173

1. Algoritm för val av taxibuss 173

2. Kostnader för befintligt byssystem och taxibuss i Linköping 174

YHTEENVETO 177

SAMMANFATTNING

Standarden på ett transportsystem i en region påverkar i hög grad möjligheterna för individer att deltaga i olika aktiviteter i samhället. Det är därför angeläget att kunna definiera standardbegreppets innehåll och beskriva dess nivå vid varierande utformning på transportsystem för olika befolkningsgrupper och för olika resändamål. Det här är viktigt såväl när det gäller att identifiera problem i ett befintligt transportsystem som när det gäller att utforma och utvärdera alternativa system.

I rapporten har gjorts en ansats till strukturering av standardbegreppet. Detta har indelats i restidsstandard, bekvämlighet och säkerhet. Framställningen är i första hand inriktad på lokal busstrafik i tätorter. Stora delar torde dock vara relevanta även för landsbygdstrafik och regional trafik samt för andra transportmedel.

Restidsstandarden består av sådana faktorer som är avgörande för hur väl transportsystemet förmår tillgodose resbehov med avseende på tids- och rumsdimensioner. I restidsstandarden ingår faktorerna restid, turtäthet, omstigningar, trafikeringstid och pålitlighet.

Bekvämligheten sammansätts dels av rent fysiska faktorer såsom sittkomfort, buller, belysning, regn- och vindskydd, dels av psykiska faktorer såsom möjlighet till kontakt respektive avskildhet, valfrihet i fråga om vägval och medpassagerare, status etc.

Säkerheten omfattar trafiksäkerhet och säkerhet mot överfall och ofredande.

De olika standardfaktorernas betydelse belyses genom en sammanställning av resultat från ett antal svenska och utländska studier. De inventerade undersökningarna ger svar på flera olika frågeställningar.

Den i det här sammanhanget kanske intressantaste frågan gäller, vilka faktorer man i första hand vill ha förbättrade i dagens kollektivtrafiksystem.

I flertalet fall önskar man i första hand en förbättring av turtätheten. I andra hand önskar man en reduktion av den totala restiden och antalet omstigningar. En förkortning av gångavstånden prioriteras lägre så länge de aktuella gångavstånden inte är mycket långa.

När det gäller bekvämligheten önskar man i första hand en förbättring avseende förekomsten av regn- och vindskydd, sittplatstillgången och rymligheten.

I senare svenska undersökningar har det visat sig att en sänkning av taxan prioriteras högt av de som reser buss. Däremot är den mindre betydelsefull för bilister vid val av färdmedel.

I rapporten beskrivs och jämföres två metoder att mäta standardfaktorers betydelse, attitydmätningar och beteendestudier. De två metoderna har skilda egenskaper. Attitydmätningar ger främst en kvalitativ beskrivning. De förmår behandla ett stort antal faktorer och ställer små krav på mätbarhet och oberoende. Beteendestudier ger möjlighet till kvantitativ beskrivning, men ställer stora krav vad avser mätbarhet och oberoende. I många sammanhang kompletterar de två metoderna varandra.

Resstandarden för ett område i en region eller för en hel region kan beskrivas med hjälp av flera olika metoder. Vi har delat in metoderna i två huvudgrupper med avseende på metodernas huvudsakliga syfte.

Metoderna i ena gruppen som här benämnes åtkomlighet har som huvudsakligt syfte att beskriva utbudet av aktiviteter såsom arbetsplatser, service etc. Restiden behandlas i de här metoderna implicit. Exempel på ett åtkomlighetsmått är antalet arbetsplatser som kan nås vid olika restider.

Den andra gruppen av metoder benämnes här tillgänglighet. Syftet med de här metoderna är i första hand att beskriva transportsystemets standard. Denna behandlas explicit. Tillgänglighetsmåtten erhålles genom att väga resstandarden i olika resrelationer med ett mått på resbehovet. Exempel på tillgänglighetsmått är medelrestiden för ett område. Det är i första hand den här andra gruppen av metoder som utvecklats och behandlats inom projektet.

De behandlade standardbeskrivningsmodellerna har exemplifierats på ett antal i planeringsssammanhang relevanta problem. Tillämpningarna har skett i Karlstad och Linköping. Vi skall här kortfattat beröra endast några av de i rapporten behandlade problemen, nämligen tillgänglighetens variation mellan områden i en region, jämförelse av tillgängligheten med buss och bil samt förbättring av tillgängligheten genom insatser i konventionellt bussystem respektive införande av taxibuss.

Analyserna visar att det föreligger avsevärda skillnader i tillgänglighet med buss mellan bästa och sämsta område i Karlstad. Detta torde vara generellt för medelstora och stora svenska städer. Det ur tillgänglighetessynpunkt sämst belägna området har mer än dubbelt så lång medelrestid som det bästa.

Restiderna med buss är avsevärt mycket längre än med bil. Kvoten i medelrestid mellan buss och bil varierar mellan 1,8 och 5,6 i Karlstad. Med bil når man t ex samtliga arbetsplatser i tätorten på 15 minuter. Med buss tar det emellertid ända upp till 65 minuter. Skillnaderna i tillgänglighet mellan sämsta och bästa område är också avsevärt mycket större i bussystemet än i bilsystemet.

För att studera hur nära bilens goda tillgänglighet man kan komma genom förbättringar inom ramen för ett konventionellt bussystem studerades ett bussnät i Karlstad med två tangentiella expressbusslinjer och en kraftig höjning av turtätheten på samtliga linjer. Turtätheten höjdes från i medeltal 15 minuter till 5 minuter.

Trots dessa extremt kraftiga åtgärder som ger en ökning av de årliga kostnaderna med en faktor 5 når man endast ca halvvägs mot bilens standard. Restiderna i bussystemet reduceras emellertid avsevärt. 90-percentilen minskar från 50 till 30 minuter och medianen från 30 till 20 minuter.

Ett konventionellt linje- och tidtabellsbundet bussystem har några viktiga nackdelar jämfört med bilen. Det gäller främst bundenheten till fasta avgångar, stora omvägar främst i tangentiella relationer samt nödvändigheten av omstigningar vid många resor.

Dessa nackdelar är till stor del eliminerade i taxibussystem. För att få bättre kunskaper om standardskillnaderna mellan konventionella

bussystem och taxibuss har vi i samarbete med forskargruppen OPTKOLT jämfört standarden i det befintliga bussystemet i Linköping med ett simulerat taxibussystem.

Det visar sig att restiderna i taxibussystemet blir 25-50% kortare än i det befintliga bussystemet. Det lägre värdet gäller om dold väntetid för samtliga resor beaktas. Den dolda väntetiden återspeglar den större osäkerheten rörande framkomsttidpunkten till mål som man har i taxibusssystem.

Kostnaderna för taxibussystemet skulle med reservation för avsevärda osäkerheter i beräkningarna bli ca 90% högre än för det befintliga systemet.

Konklusion

De utförda analyserna visar att de i rapporten behandlade standardbeskrivningsmetoderna utgör värdefulla hjälpmedel vid lösandet av många transportplaneringsproblem. Det gäller såväl vid inventering av problem i dagens system som vid utformning och utvärdering av framtida system.

Av de problem som återstår att lösa torde de viktigaste vara behandlingen av icke kvantifierbara faktorer samt hänsyntagande till reskedjor och tidsrestriktioner.

SUMMARY

The standard of a region's transport system considerably influences the opportunity for individuals to take part in various social activities. It is therefore desirable to be able to describe its level for variously designed transport systems, for different population groups, and for different journey purposes. This is as important in the identification of problems in an existing transport system as in the design and evaluation of alternative future systems.

The report attempts to structure the standard concept. It has been divided up into journey time standard, comfort, and safety. The presentation mainly concerns local bus traffic in built up areas. Much should however be also relevant to rural and regional traffic and to other means of transport.

The journey time standard consists of such factors as are determined by how well the transport system can satisfy travel demands with respect to time and space dimensions. It covers journey time, frequency, connections, operating hours and reliability.

Comfort consists partly of physical factors, such as seating arrangements, noise, lighting, and protection from rain and wind, and partly of mental factors, such as the relative opportunities for company or privacy, and freedom of choice regarding route and fellow passengers, status, etc.

Safety covers traffic safety and protection against attack or other disturbance.

The importance of the different standard factors is illustrated by a compilation of results from a number of Swedish and foreign studies, which answer several different problems.

The most interesting question in this context concerns which factors have priority for improvement in today's public transport system.

In most cases improved frequency is desired in the first instance. Secondly, reduction of the total journey time and the number of connections is looked for. Reduction of the walking distance receives low priority as long as the actual walking distance is not too long.

Regarding comfort, improved protection from rain and wind, access to seating, and spaciousness are aimed for.

In recent Swedish investigations, fare reductions have received high priority from bus passengers but seem less likely to influence motorists in their choice of mode of transport.

Two methods of measuring the importance of standard factors are described in the report: attitude surveys and behavioural studies. The methods have different characteristics. Attitude surveys give a mainly qualitative description. They can handle a large number of factors and place relatively small demands on measurability and independence between the factors. Behavioural studies permit quantitative description, but place considerable demands on measurability and independence. In many contexts the two methods complement each other.

The transport standard for a part of a region or for a whole region can be described with a number of different methods. They are here divided into two groups, according to the main aims of the methods.

Methods in the group which has been named availability aim mainly to describe the supply of activities such as workplaces, services, etc. Journey time is handled implicitly in this method. An example of such a measure is the number of workplaces which can be reached within different journey times.

The second group of methods deals with accessibility. The primary aim is to describe the standard of the transport system. The standard is treated explicitly. The measure of accessibility is obtained by weighting the transport standards in different transport connections with a measure of the need for transport. The average journey time for an area is an example of such a measure. It is primarily this second group of methods which is developed and worked on in the project.

The standard description model used is illustrated by a number of problems relevant to planning. It has been implemented in Karlstad and Linköping. Only some of the problems covered by the report will be touched on here, namely the variation in accessibility between parts of a region, comparison of accessibility by bus and by car, and comparison of the improvements in accessibility by investments in, firstly, a conventional bus service and, secondly, a dial-a-bus system.

Considerable differences in accessibility by bus are found to exist between the best and worst served areas in Karlstad. This should generally apply to all medium and large Swedish towns. The area worst situated from the accessibility viewpoint has an average journey time which is more than double that of the best situated area.

Journeys by bus take considerably longer than those by car. The quotient between average journey times by bus and car varies between 1.8 and 5.6 in Karlstad. For example, all workplaces in the built up area can be reached in 15 minutes by car. By bus however it takes up to 65 minutes. The differences in accessibility between the worst and best areas are considerably greater when travelling by bus.

To examine how close improvements to a conventional bus service could come to the good accessibility enjoyed by motorists, a study was made of a bus network in Karlstad with two tangential express bus routes and greatly increased frequency for all routes. The average interval was decreased from 15 to 5 minutes.

Despite these enormous measures, increasing annual costs by a factor of 5, the improvements only came halfway to the standard of accessibility by car. Journey times were nevertheless considerably reduced within the bus service. At the 90-percentile level the reduction was from 50 to 30 minutes, and the median was reduced from 30 to 20 minutes.

A conventional bus service, tied to fixed routes and timetables, has some important disadvantages when compared with the car. Departure times are fixed, large detours are required, particularly tangential, and many journeys necessitate a transfer from one bus to another.

The disadvantages are to a large extent eliminated by a dial-a-bus service. By cooperation with the OPTKOLT research group in comparing standards in the existing bus service in Linköping with a simulated dial-a-bus service, attempts have been made to find out more about the differences in standards between conventional and dial-a-bus systems.

It appears that journey times in a dial-a-bus system are 25 % - 50 % less than in the existing bus system. The lower figure is valid if the hidden waiting time due to the uncertainty about time of arrival which exists in a dial-a-bus system is taken into consideration.

Allowing for considerable uncertainties in estimation, the costs of a dial-a-bus service would be about 90 % higher than those of the existing system.

Conclusion

The analyses carried out show the standard description methods used in the report to be valuable tools in solving many transport planning problems. This applies equally to making an inventory of the existing system as to the design and evaluation of future systems.

Of the problems still to be solved, the most important probably concern the non-quantifiable factors, journey chains and time restrictions.

1. INLEDNING

Ett transportsystems effekter kan indelas i dess standard, den kvalitet systemet erbjuder trafikanterna, dess effekter på omgivningen, såsom buller, luftföroreningar, barriär- och visuella effekter samt dess resursförbrukning i form av arbetskraft, material och energi. Ett transportsystem kan också indirekt medföra vissa effekter såsom påverkan på den fysiska strukturen, centralisering eller decentralisering av verksamheter, näringslivets produktivitet, fastighetsvärden, ekologi och olika sociala effekter som integration eller segregation i boendet.

I den här rapporten behandlas endast standard. Framställningen är i första hand inriktad på busstrafik i tätorter. Detta hindrar inte, att delar av de metoder och samband som redovisas kan vara tillämpliga på andra transportsystem och andra regiondelar.

Standarden, som utgör den väsentligaste nyttan av ett transportsystem, inverkar på ett flertal sätt på individers levnadsnivå. Om vi uttrycker denna i form av levnadsnivåkomponenter, kan vi notera att flertalet av dessa på något sätt påverkas av de tillgängliga transportsystemens standard. Vi har nedan antytt hur standarden påverkar olika levnadsnivåkomponenter uttryckta som resurser.

Resurs	Påverkas av transportsystemets standard genom
Hälsa	Möjlighet att nå olika hälso- och sjukvårdsinstitutioner Möjlighet för personal i öppen vård att nå de vårdbehövande
Sysselsättning	Möjlighet att deltaga i arbetslivet med hänsyn till restider och anpassning till udda arbetstider
Utbildning	Möjlighet att nå utbildningsutbud
Ekonomiska resurser	Möjlighet att nå arbetsplatser
Politiska resurser	Möjlighet att nå myndigheter och att deltaga i politiska aktiviteter
Bostadsförhållanden	Möjlighet att nå olika utbud från bostaden
Rekreation	Möjlighet att nå olika rekreationsutbud

Transportsystemets standard påverkar också flertalet av de indirekta effekter som angavs ovan.

Ett transportsystems standard inverkar sålunda på många sätt på individens resurser och därigenom på möjligheterna att uppnå en god levnadsnivå.

Det är därför angeläget att man kan definiera standardbegreppets innehåll och beskriva dess nivå vid olika transportsystemutformningar, för olika delar av en region, för olika befolkningsgrupper och för olika resändamål. Det här är viktigt både när det gäller att identifiera problem i ett befintligt transportsystem och när det gäller att utforma och utvärdera alternativa system.

Möjligheterna att erbjuda en god standard begränsas emellertid av de resurser som står till buds. Under senare år har busstrafikens kostnader ökat mycket snabbt. Kostnadsaspekterna har därför kommit att få en allt större tyngd. Det framstår därför som mycket angeläget att man vid planeringen av nya system och förändringar i befintliga tar hänsyn till kostnaderna på ett tillfredställande sätt och känner sambanden mellan kostnader och olika faktorer genom vilka man kan påverka kostnaderna. Man behöver även metoder med vilka man kan bedöma den effekt på standarden som olika resursinsatser har. Kostnadsaspekter kommer dock ej att behandlas i denna rapport. För en diskussion om olika faktorer som påverkar busstrafikens kostnader hänvisas till t ex Holmberg (1975).

2. BEGREPPET STANDARD

Med ett transportsystems standard menas här systemets förmåga att tillgodose ett visst resbehov med avseende på de kvaliteter som efterfrågas av trafikanterna. Många effekter av ett transportsystem, t ex buller och luftföroreningar, påverkar både trafikanterna och omgivningen. Här behandlas dock effekterna endast med avseeden på trafikanterna.

2.1 Olika standardfaktorers betydelse

För att få en uppfattning om vilka aspekter som bör ingå i standardbegreppet och för att få en viss uppfattning om hur viktiga olika faktorer är i olika sammanhang gjordes en litteraturinventering av ett antal attityd- och beteendeundersökningar. Litteraturinventeringen, som genomfördes 1971, har här kompletterats med att antal senare studier.

Inventeringen omfattar undersökningar som belyst följande fem frågeställningar:

A Vilka faktorer är de mest betydelsefulla vid en resa?
B Vilka faktorer önskar man i första hand ha förbättrade i befintliga kollektiva trafiksystem?
C Vilka är de viktigaste faktorerna vid val av färdmedel?
D Vilka är de viktigaste orsakerna till att bil föredrages framför kollektiva transportmedel?
E Vilka är de främsta orsakerna till att kollektiva transportmedel föredrages framför bil?

Undersökningarna är synnerligen heterogena med avseende på undersökningsmetod, undersökningsområdets storlek och belägenhet, avsikten med undersökningen och ambitionsnivån.

Huvudparten av undersökningarna är attitydundersökningar, men det förekommer även beteendestudier.

Undersökningsområdena är belägna i USA, England, Norge och Sverige. De omfattar vanligen större städer, men i något fall en hel nation.

Ändamålet har oftast varit att bestämma de parametrar som skall ingå i färdmedelsvalsmodeller eller att tjäna som underlag för lokala

förbättringar av kollektivtransportsystem.

Ett material med så varierande grundförutsättningar kan givetvis inte generaliseras i någon större utsträckning. Det finns emellertid vissa otvetydiga drag, som är genomgående och som därför är intressanta.

För att kunna sammanfatta de olika undersökningarna och erhålla en viss uppfattning om betydelsen av de olika faktorerna har för varje undersökningstyp beräknats ett index, som anger hur ofta de olika faktorerna förekommer och hur de rangordnats. Den faktor, som vid en viss undersökning rangordnats som nummer ett, har tilldelats 10 poäng, den där näst kommande 9 o s v. Därefter har medeltalet beräknats för varje undersökningstyp.

Det index som erhålles på det här sättet skall användas med mycket stor försiktighet. Det skall inte behandlas som en kvotskala, eftersom det i många fall endast bygger på ordinalskalor eller intervallskalor. Det här betyder t ex att en faktor med index 6 inte nödvändigtvis är dubbelt så viktigt som en med index 3.

A Vilka faktorer är de mest betydelsefulla vid en resa?

Tre amerikanska studier har försökt belysa denna fråga: National Survey of Transportation Attitudes and Behavior (1968), Brunner (1966) och Nash et Hille (1968). Dessa studier omfattar alla typer av transportmedel. Följande resultat erhölls:

	Index
Regularitet	9,7
Säkerhet	6,7
Restid	5,4
Regn- och vindskydd	5,0
Kostnad	5,0
Känsla av oberoende	4,3
Rymlighet	4,0
Bekvämlighet	3,7
Turtäthet	3,0
Gångavstånd	3,0
Valfrihet	3,0
Möjlighet till avkoppling och förströelse	3,0
Omstigning	2,0
Fordonets skick	2,0

B Vilka faktorer önskar man i första hand ha förbättrade i befintliga kollektivtrafiksystem?

Den här frågan har tagits upp bl a i tre svenska studier: en i Stockholm, 1961 års Spårvägstaxeutredning (1964), en i Malmö, Svantemark och Svidén (1969) samt en omfattande hela riket, Bilismen i samhället (1971).

Enligt dessa undersökningar önskade man i första hand få till stånd förbättringar på följande punkter:

	Index
Turtäthet	10,0
Sittplatsandel	7,0
Restid	5,3
Gångavstånd	5,0
Omstigning	4,0
Regn- och vindskydd	3,3
Kostnad	2,6

I samtliga dessa undersökningar kan man se ett tydligt samband mellan rangordningen av faktorerna och resenärernas faktiska resevillkor.

I Stockholmsstudien kan man notera att rangordningen är olika i innerstaden och i förorterna. I innerstaden prioriteras i första hand regn- och vindskydd och därnäst turtäthet, medan man i förorterna främst vill ha en ökad turtäthet och därnäst regn- och vindskydd.

I den undersökning som omfattar hela Sverige lägger man särskilt märke till att turtätheten är den helt dominerande faktorn i mindre och medelstora städer samt på landsbygden.

Missnöje med antalet sittplatser förekommer endast i liten utsträckning utanför storstäderna.

Dessa studier visar tydligt att det oftast är ointressant att bestämma vikter för olika faktorer, om man ej redovisar de aktuella bakgrundsvariablernas värden eller ännu hellre beräknar vikterna så att de blir oberoende av bakgrundsvariablerna.

C Vilka är de viktigaste faktorerna vid val av färdmedel?

Härunder redovisas en sammanfattning av fyra studier, av vilka en del bygger på intervjuförfarande och en del på beteendestudier, där man genom regressionsanalys valt ut de faktorer, som bäst förklarar ett konstaterat beteende.

De studier som refereras här är Hill och Cube (1963), Paine (1967), Bok (1968) och Sommers och Leimkuhler (1968).

	Index
Restid	10,0
Turtäthet	8,5
Gångavstånd	5,8
Bekvämlighet	5,0
Säkerhet	4,3
Regularitet	4,3
Kostnad	4,0
Omstigning	2,5
Behov av bil i arbetet	2,0
Renlighet	1,7
Buller	1,0
Känsla av oberoende	1,0
Nytt, modernt fordon	0,8
Regn- och vindskydd	0,5
Möjlighet till förströelse	0,3

Här måste poängteras, att endast ett fåtal av de studier, som bygger på beteendestudier, har kunnat dela upp restiden på dess komponenter gångtid, väntetid och åktid. Detta innebär alltså, att turtätheten i några fall ingår i restiden, medan den i andra fall uppträder som en separat faktor. Den inbördes ordningen mellan faktorerna restid, turtäthet och gångavstånd kan sålunda inte bestämmas tillfredställande ur denna sammanställning.

D Vilka är de viktigaste orsakerna till att bil föredrages framför kollektiva transportmedel?

Som underlag för sammanfattningen av dessa orsaker ligger fem studier utförda i USA: Nash och Hille (1968), England; Wilson (1967), Norge: Kühle och Hansen (1966) och Sverige: Kühle och Hansen (1966) (Stockholm), VBB (1960) (Göteborg) och AIB (1968) (Norrköping).

Resultatet blev följande:

	Index
Restid	7,3
Bekvämlighet	5,7
Turtäthet	4,9
Använder bil i arbetet	4,0

	Index
Gångavstånd	3,8
Omstigning	3,1
Regn- och vindskydd	2,3
Rymlighet	2,1
Sittplatsandel	1,0
Möjlighet till förströelse	1,0
Känsla av oberoende	0,4
Valfrihet	0,3

Här kan göras samma invändning angående prioriteringen mellan faktorerna restid, turtäthet och gångavstånd som under C.

E Vilka är de främsta orsakerna till att kollektiva transportmedel föredrages framför bil?

När man skall bedöma resultatet från studier av färdmedelsvalsfaktorer, måste man noga göra klart för sig, hur begreppet "disponerar bil" definierats.

I de studier, som här refereras, Kühle och Hansen (1966) (Oslo och Stockholm) och AIB (1968) (Norrköping), kan man inte direkt utläsa, om de har utgått från samma definition i det här avseendet.

Man fann följande faktorer vara av störst betydelse:

	Index
Parkeringsproblem	8,8
Kostnad	8,2
Restid	8,2
Bekvämlighet	4,8
Bilen ej disponibel	4,6
Vägens beskaffenhet	4,2
Vinterföre	3,0
Säkerhet	1,6

Med tanke på att kollektiva transportmedel i de flesta fall har längre restider kan det förefalla förvånande att restiden kommer på en så framträdande plats.

Det visar sig att restiden endast intar denna framträdande plats i Oslo och Stockholm. I undersökningen från Norrköping har restiden placerats sist.

Det kan ej heller uteslutas att restiden, när det gäller bil, också

inkluderar tiden för att parkera, trots att det finns en separat faktorjust för parkeringsproblem.

Nyare studier

Den inventering vars resultat redovisats ovan gjordes 1971. Sedan dess har intresset både för kollektivtrafiken och för studier av den här typen ökat kraftigt. Det har därför genomförts ett stort antal studier sedan dess. Speciellt intressanta i sammanhanget är några svenska studier från Gävle (Gävle kommun, 1971 och 1972), Borås (Stadsbussar i Borås AB, 1972), Luleå (Luleå kommun, 1973) och Östersund (Östersunds kommun, 1972).

De är intressanta därför att de avser svenska förhållanden och därför att de genomförts på ett någorlunda likartat sätt. De har sammanfattats och kommenterats av Andreasson (1975).

Dessa nyare studier styrker i stort sett de resultat, som framkommit genom inventeringen. De pekar dock mot att reskostnaderna spelar en större roll för de som åker kollektivt än vad tidigare studier visat.

Sammanfattning

Under frågorna A, B och C återkommer i huvudsak samma faktorer. Faktorerna har dock varierande rangordning, vilket sammanhänger med frågornas utformning.

Frågan A (Vilka faktorer är de mest betydelsefulla vid en resa?) är mycket allmän och svaren torde i en relativt liten utsträckning påverkas av befintliga systems standard. De två andra frågorna B (Vilka faktorer önskar man i första hand ha förbättrade?) och C (Vilka är de viktigaste faktorerna vid färdmedelsval?) är däremot i stor utsträckning beroende av standarden i de system som man har tillgängliga.

Om vi som exempel tar faktorerna säkerhet och regularitet, så har dessa fått högsta prioritet under fråga A, men kommit en bit ner på listan i fråga C och finns ej med under fråga B. Den här skillanden kan troligen förklaras av att faktorerna säkerhet och regularitet visserligen är mycket viktiga, men är relativt väl tillgodosedda i befintliga transportsystem. Skillnaderna mellan befintliga transportsystem med avseende på faktorerna uppfattas tydligen inte heller vara så stora att de blir avgörande för färdmedelsvalet.

En sammanfattning av frågorna A-C visar att restiden med dess delkomponenter gång-, bytes-, åk- och väntetid, regulariteten, säkerheten, kostnaden och bekvämligheten är de viktigaste faktorerna. Av de olika restidskomponenterna är väntetiden viktigast, därefter följer bytestid, gångtid och åktid i nu nämnd ordning.

Prioriteringen av förbättringar i våra befintliga kollektiva transportsystem är i hög grad beroende av den befintliga standarden. Generellt önskar man i första hand en förbättring av turtätheten och en sänkning av reskostnaderna. Reskostnaden har getts en betydligt större vikt i nyare studier än vad den äldre inventeringen visade.

I andra hand önskar man få en sänkning av den totala restiden och en reduktion av antalet omstigningar.

Förkortning av gångavstånden prioriteras lägre än ovannämnda faktorer så länge de aktuella gångavstånden inte är mycket långa. Då gångavståndet överskrider 500 å 600 m verkar det dock som om en förkortning av det får ökad prioritet.

Av bekvämlighetsfaktorerna tycks man främst önska förbättringar avseende förekomsten av regn- och vindskydd, sittplatstillgången och rymligheten.

Av något mindre vikt än ovannämnda bekvämlighetsfaktorer, men inte utan betydelse tycks följande vara: känsla av oberoende, valfrihet, möjlighet till avkoppling och förströelse, renlighet, buller och fordonets skick.

Känslan av oberoende och valfrihet hänger i viss mån samman med turtätheten. En hög turtäthet ger större möjlighet att välja, när man vill åka. I de båda faktorerna innefattas emellertid också möjligheten att kunna välja sina medpassagerare.

Den viktigaste faktorn vid färdmedelsval tycks vara restiden. Av de olika restidskomponenterna är även här turtätheten den viktigaste. Oberoendet av en tidtabell är viktigare än att minimera den totala restiden.

Reskostnaden och bekvämlighetsfaktorer såsom t ex sittplatstillgång har mindre betydelse än restiden. För de som valt att åka bil har reskostnaden en underordnad betydelse. Den är något viktigare för de som valt kollektivt färdmedel.

En väsentlig faktor för de som valt bil är behovet av bilen i arbetet. Enligt en studie i Oslo och Stockholm (Kühle och Hansen, 1966) skulle

ca 40% resp 30% av bilpendlarna vara i behov av bilen i arbetet.

Eftersom denna faktor inte har analyserats närmare, är det omöjligt att bedöma, hur starkt detta behov verkligen är. Man kan dock inte bortse från möjligheten, att undersökningen har överskattat behovet av bil i arbetet. Det ligger ju t ex nära till hands, att man motiverar sitt bilresande med att bilen skulle behövas i arbetet.

Det viktigaste motivet till att åka kollektivt om man har möjlighet att åka bil är parkeringsproblem. Reskostnaden är inte heller oväsentlig i sammanhanget.

2.2 Befolkningsgrupper och resändamål

Hittills har de olika standardfaktorernas betydelse endast diskuterats för en medelpopulation. Endast ett fåtal av undersökningarna ger möjlighet till differentiering av resultaten på olika befolkningsgrupper.

I en amerikansk attitydundersökning (Golob et al, 1972) har man studerat skillnaden mellan yngre och äldre personers prioritering av olika standardfaktorer.

Man fann inte oväntat, att de äldre i högre grad än medelpopulationen var angelägna om att reducera de fysiska påfrestningarna vid resan. De var mera angelägna att få sittplats, att slippa byten, att ha korta gångavstånd och att anordningarna för av- och påstigning är väl utformade. De äldre var också mera känsliga för reskostnader (taxan).

De yngre prioriterar däremot i större utsträckning en god pålitlighet. De är också mera angelägna om en lång trafikeringstid än vad medelpopulationen är. Gångavståndet och omstigningar har mindre betydelse än vad de har för de äldre.

Flertalet av de undersökningar som sammanfattats ovan behandlar endast arbetsresor eller också redovisar de medelvärden för flera olika resändamål. Man har därför en mycket svag grund att stå på, om man önskar klara ut hur prioriteringen av standardfaktorerna varierar vid olika resändamål. Av de uppgifter som finns tillgängliga förefaller det som om den viktigaste skillnaden mellan arbetsresor och övriga resor (t ex inköpsresor) är, att turtätheten och regulariteten har relativt sett större betydelse vid arbetsresor, medan bekvämlighetsaspekter såsom sittplatstillgång, gångavstånd och omstigningar prioriteras högre vid andra typer av resor.

Valet av bil sades ovan i första hand vara beroende av faktorn restid. Det här gäller i medeltal för alla resor. Vid inköpsresor har det emellertid visat sig, att den högre bekvämligheten är det viktigaste argumentet för att välja bil.

2.3 Ett försök till strukturering av faktorerna i standardbegreppet

Begreppet standard definieras här genom valet av faktorer, som vi menar ingår i begreppet. De olika faktorerna grupperas i ett begränsat antal undergrupper för att ge bättre överblick och för att underlätta den fortsatta diskussionen.

Struktureringen av de olika faktorerna har skett i form av ett träd, se figur 2.1. Avsikten härmed var från början, att man på så sätt lätt skulle kunna göra en total utvärdering av standarden med hjälp av vikt - poäng-metoder (se vidare nedan 3.2). Det visade sig emellertid snart, att det var omöjligt att åstadkomma ett träd, där de olika "löven" på en viss nivå är oberoende av varandra, vilket är ett krav vid användning av vikt - poäng-utvärderingsmetoder. För att kunna åstadkomma ett sådant oberoende mellan de olika "löven" hade man blivit tvungen att döpa om och definiera om ett stort antal standardfaktorer. Trots att vi har övergivit det ursprungliga motivet att sträva efter en trädform, har denna dock behållits med hänsyn till överskådligheten.

Resstandarden indelas i undergrupperna restidsstandard, bekvämlighet och säkerhet. Bekvämligheten har i sin tur uppdelats i faktorer som i huvudsak bestämmes av fysiska förhållanden i transportsystemet och sådana som bestämmes genom mer komplicerade psykologiska processer, där ofta personliga, psykiska egenskaper och attityder inverkar. De "fysiska" bekvämlighetsfaktorerna indelas i sådana som berör förflyttningen till och från fordonen, uppehållet vid hållplats eller terminal och tiden i fordonen.

Restidsstandard kan sägas bestå av sådana faktorer som är avgörande för hur väl transportsystemet förmår tillgodose resbehoven vad avser tids- och rumsaspekter. Bekvämligheten påverkar hur restiden upplevs, men även inställningen till och kännedomen om hela systemet.

Taxenivån, d v s storleken på den avgift passageraren får betala, har här inte inkluderats i resstandardbegreppet. Det beror på att vi inte kan betrakta den som en egenskap hos transportsystemet. Taxenivån har

under senare år åtminstone i tätortstrafik oftast fastställts på politiska grunder bl a med hänsyn till de kollektiva trafiksystemens sociala uppgift. Däremot behandlas taxesystemets utformning under rubriken betalningssystem.

Det faktum att taxenivån inte inkluderats i standardbegreppet skall alltså ej uppfattas som att vi anser den vara ointressant. Tvärtom har vi i de ovan redovisade attitydundersökningarna visat, att taxenivån av många anses som en mycket viktig faktor. Den är också viktig om man vill prognosticera färdmedelsvalet.

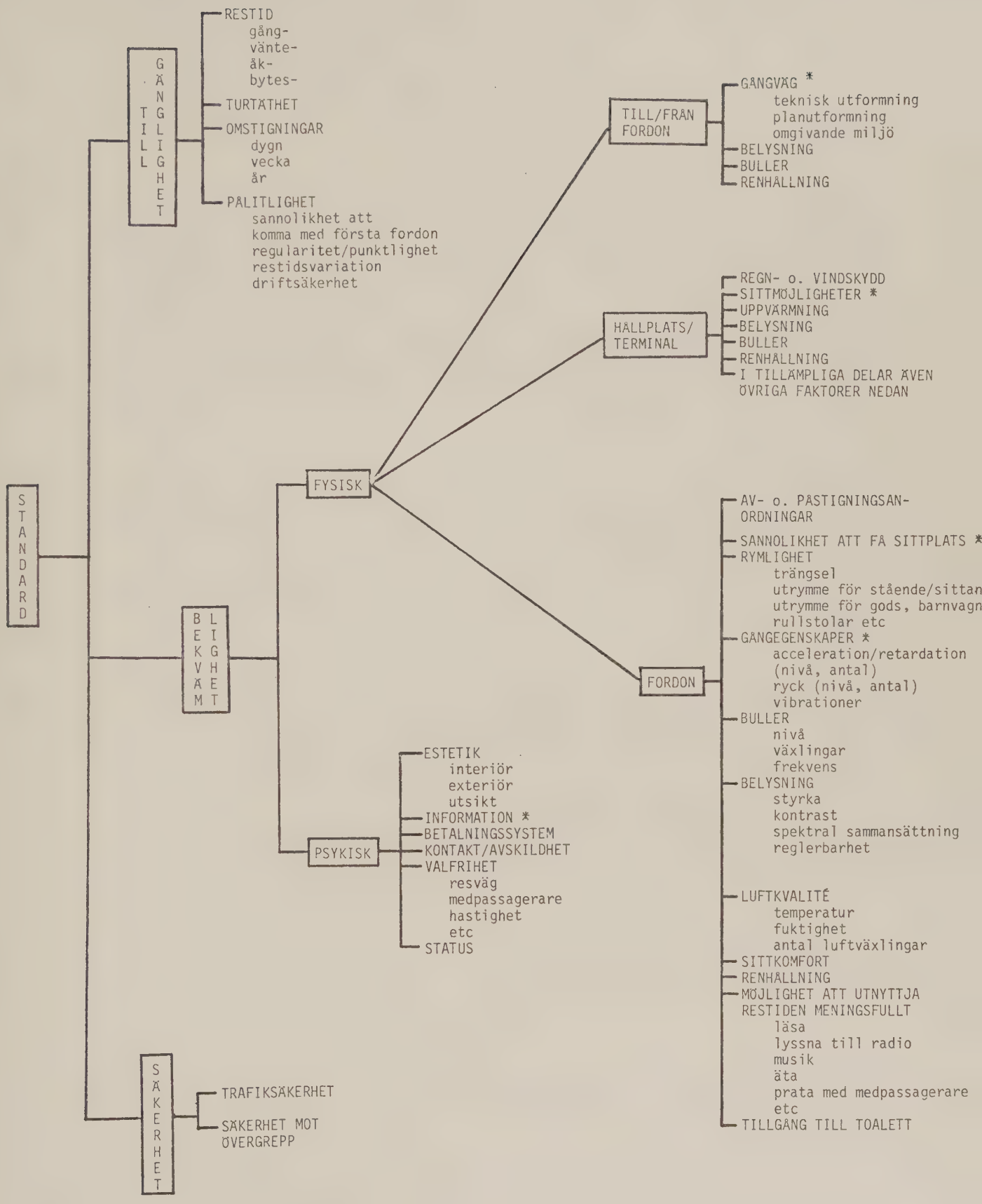


FIG 2.1 Standardbegreppets struktur och sammansättning.

Faktorer utmärkta med * påverkar olika befolkningsgruppers möjligheter att använda transportsystemet.

Kostnaden för ett transportsystem betraktas som en aspekt på samma nivå som standarden. Kostnad och standard är två faktorer som väges mot varandra vid utvärderingen av transportsystem.

Det finns vissa andra i det här sammanhanget intressanta aspekter på transportsystem, som indirekt beror av en eller flera standardfaktorer, men också av egenskaper hos trafikanten.

En mycket viktig sådan är transportsystemets användbarhet för olika grupper av trafikanter. I figur 2.1 har standardfaktorer, som kan påverka systemets användbarhet, markerats med en asterisk. Vissa av dessa faktorer kan ensamma eller i kombination vara helt avgörande för möjligheterna för vissa grupper av individer att utnyttja transportsystemet. Exempelvis kan dåliga av- och påstigningssystem utestänga rörelsehindrade. Ett komplicerat betalningssystem kan förhindra barn från att kunna utnyttja systemet.

Två andra viktiga aspekter är trygghet och stress. Dessa två är inbördes starkt korrelerade. Med stress menas här en i längden skadlig anspänning hos trafikanten.

Följande standardfaktorer kan antas påverka den upplevda tryggheten respektive stressen:

Trygghet
- möjlighet till val av restidpunkt (turtäthet, trafikeringstid)
- pålitlighet
- sannolikhet att få sittplats (speciellt för vissa grupper)
- information
- betalningssystem
- kontakt/avskildhet
- valfrihet (korrigera misstag)
- säkerhet

Stress
- möjlighet till val av restidpunkt
- omstigning
- pålitlighet
- sannolikhet att få sittplats
- rymlighet (trängsel)
- gångegenskaper

- buller
- information
- betalningssystem
- kontakt/avskildhet
- säkerhet.

2.4 Precisering av och kommentarer till standardfaktorerna

Vi avser inte här att behandla samtliga faktorer, utan endast sådana vars innebörd inte kan förutsättas vara direkt klar och sådana som på annat sätt innebär speciella problem.

Utförligare kommentarer till samtliga standardfaktorer redovisas i Friberg och Holmberg (1974) samt i Holmberg (1971).

2.4.1 Restidsstandard

Restid

Restiden är som visats ovan i många sammanhang den viktigaste enskilda standardfaktorn. Vi skall därför behandla restiden något mer ingående än övriga faktorer.

Restiden kan indelas i komponenterna gång-, vänte-, åk- och bytestid, se figur 2.2.

Gångtiden innebär inga större problem varken att definiera eller mäta. Gånghastigheten för olika individer och vid olika lutningar redovisas i Holmberg (1972).

Åktiden är den tid man sitter i färdmedlet från det att man stiger på vid starthållplatsen till dess man stiger av vid en byteshållplats eller målhållplatsen.

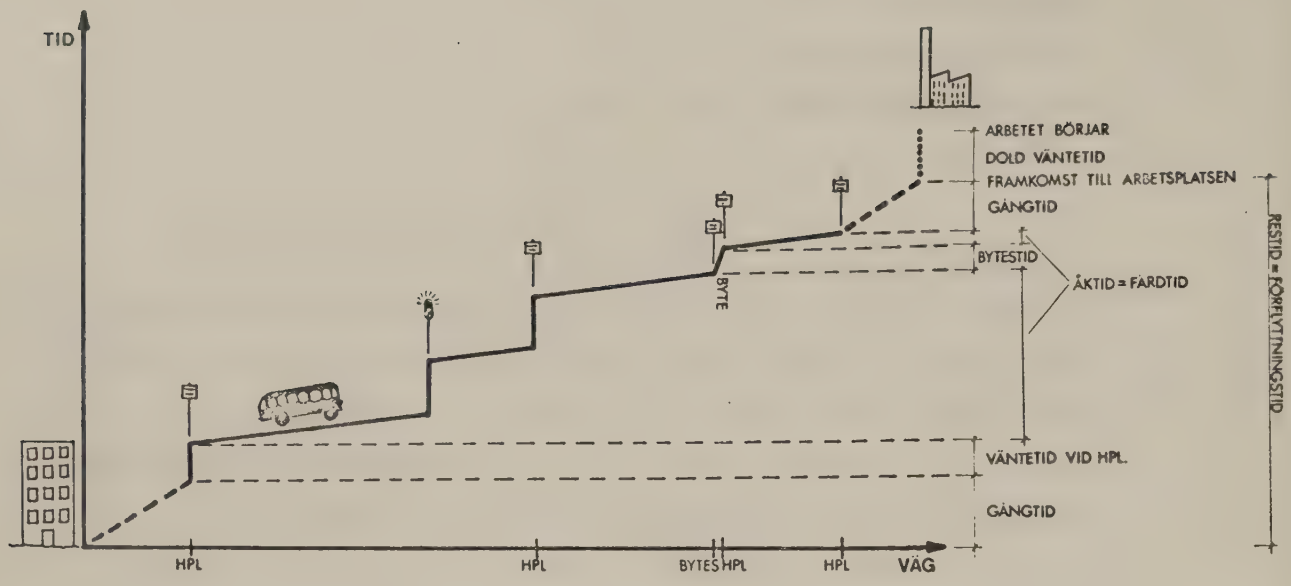


FIG. 2.2

Illustration av restidens komponenter.

Källa: Bearbetning av figur ur KOLT-75.

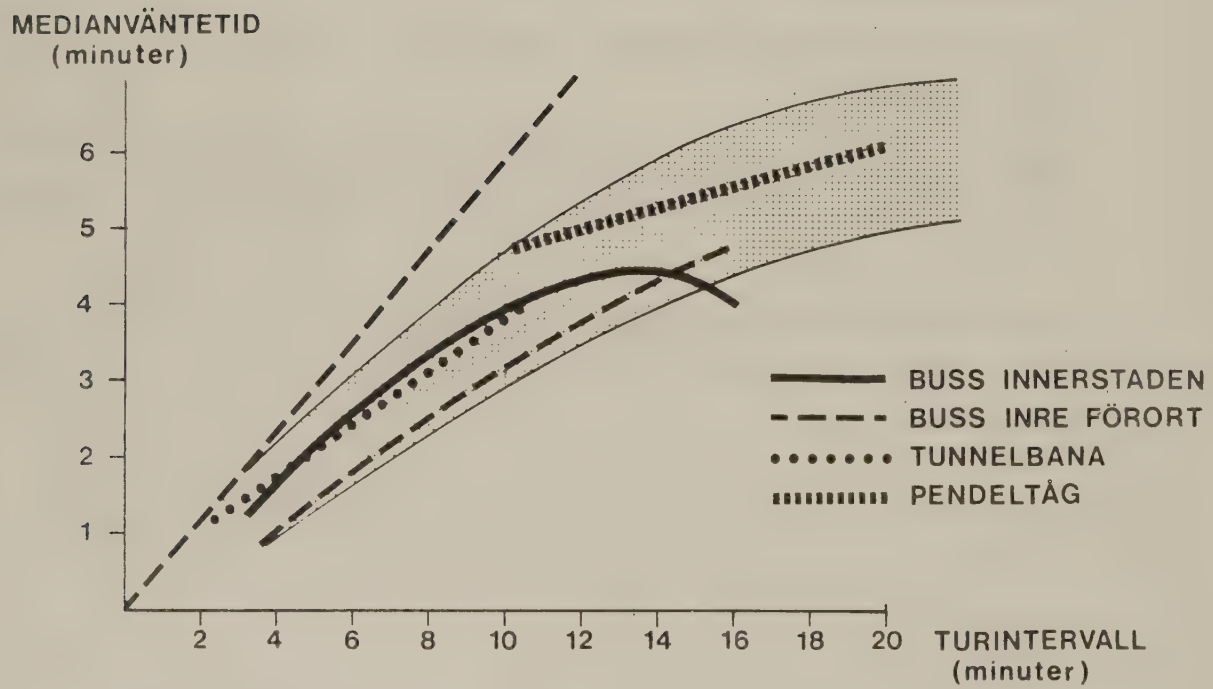


FIG. 2.3

Medianväntetiden vid hållplats vid olika turintervall. Rastret anger ett antaget generellt samband mellan väntetid vid hållplats och turintervall.

Källa: Bearbetning av figur ur TU-71 (1973).

Bytestiden är den tid det tar att byta buss. Den kan bestå av tid för förflyttning från en angöringsplats till en annan och väntetid på det färdmedel man skall byta till. Synpunkter på beräkning av bytestider ges i Grufman et al (1975).

Väntetiden är den komponent som innebär störst problem att definiera och beräkna.

Väntetiden vid hållplats är beroende av turintervallets längd. Vid korta intervall under ca 10 minuter har det visat sig att passagerarna ankommer relativt slumpmässigt till hållplats, se figur 2.3. Medianväntetiden blir då lika med halva turintervallet. När turintervallet blir längre än 10-15 minuter, börjar trafikanterna anpassa ankomsten till hållplatsen efter tidtabellen. I medeltal ankommer de då 4-5 minuter före avgången enligt tidtabellen.

Anpassningen till tidtabellen torde vara störst bland de trafikanter som ofta utnyttjar transportmedlet vid samma tidpunkt och därför känner tidtabellen väl. Det gäller t ex vid arbetsresor.

Längden på den väntetid man får, då trafikanterna känner tidtabellen och anpassar sin ankomst efter den, är bl a beroende av transportmedlets punktlighet och gångavståndets längd.

Att trafikanterna vid långa turintervall anpassar sin ankomst till hållplats efter tidtabellen och därigenom får en maximal väntetid vid hållplatsen av storleksordningen 5 minuter, betyder inte att turintervallens längd saknar betydelse så fort man nått upp till den maximala väntetiden. Ju längre turintervallet är, desto mindre är möjligheterna att fritt kunna välja tidpunkten för en resa.

Det finns dessutom en annan väntetid än den som tillbringas vid hållplatsen, vars betydelse ökar vid långa turintervall. Det är den väntetid som t ex uppkommer före arbetets början och efter dess slut, om inte tidtabellen är helt anpassad till arbetstiderna eller vice versa, se figur 2.2. Den typen av väntetid benämnes här dold väntetid.

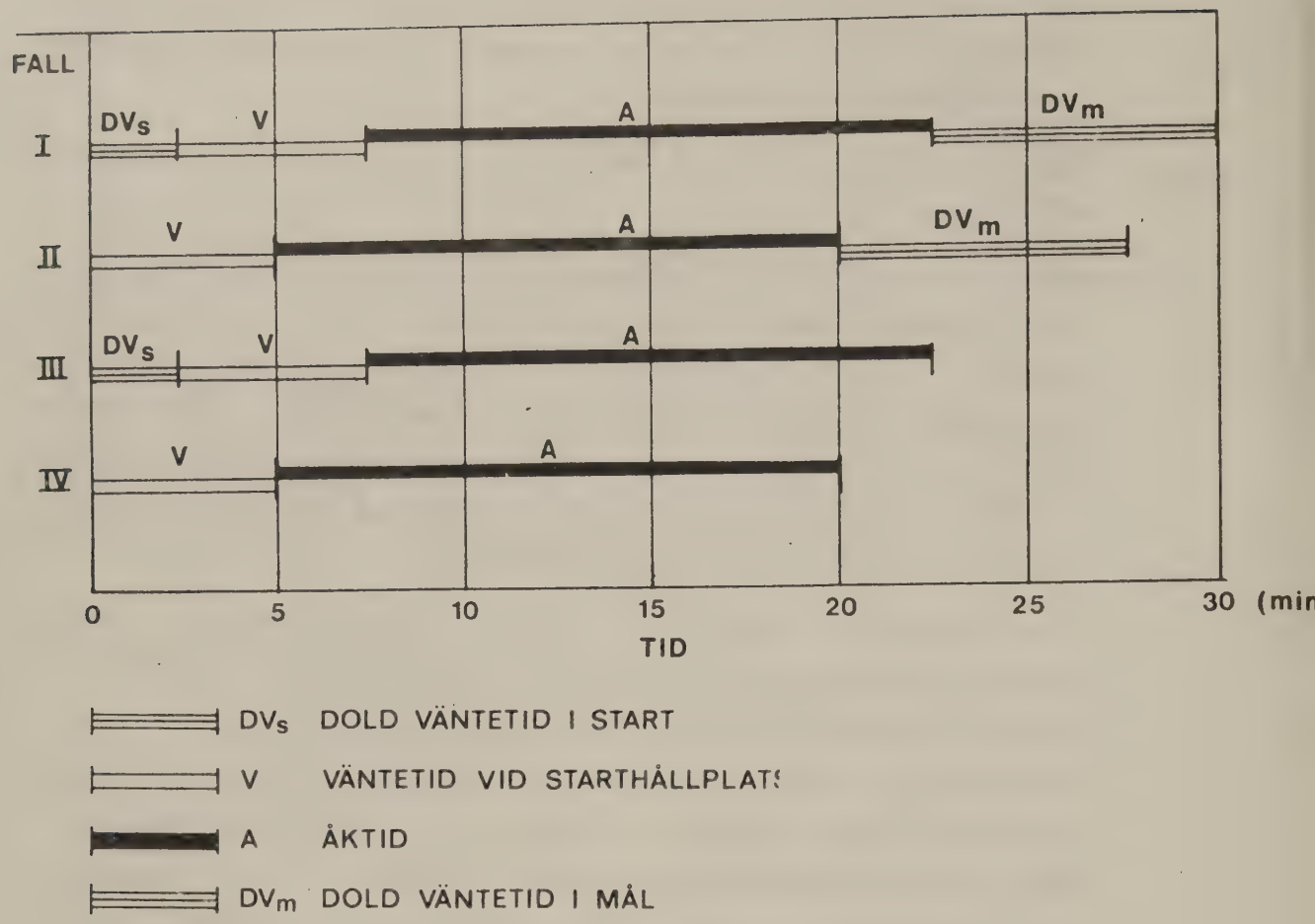


FIG. 2.4

Den vid en resa totalt ianspråktagna tiden vid olika antaganden om möjligheterna att anpassa aktiviteterna före och efter resan till tidtabellen.

Källa: Grufman et al (1975).

Även i samband med aktiviteter vars starttidpunkt kan väljas godtyckligt kan det uppkomma dold väntetid. Det sker så snart aktiviteternas längd inte utgör ett helt antal multiplar av turintervallet. Vid en inköpsresa kan man t ex tvingas sitta och vänta, innan man kan åka tillbaka, även om man kan förlägga inköpen till en valfri tidpunkt.

Med avseende på uppkomsten av dold väntetid kan man tänka sig följande principfall:

I Aktiviteten före resan har fast sluttidpunkt. Aktiviteten efter resan har fast starttidpunkt (kan t ex gälla en tjänsteresa eller en resa arbetet - bio).

II Aktiviteten före resan har anpassbar sluttidpunkt. Aktiviteten efter resan har fast starttidpunkt (gäller ofta för resor bostad - arbete).

III Aktiviteten före resan har fast sluttidpunkt. Aktiviteten efter resan har anpassbar starttidpunkt (gäller ofta för resor arbete - bostad).

IV Aktiviteten före resan har anpassbar sluttidpunkt . Aktiviteten efter resan har anpassbar starttidpunkt (kan t ex gälla resor från egen bostad för besök av vänner).

I verkligheten förekommer det också att starttidpunkt - eller sluttidpunkt - för en aktivitet kan vara mer eller mindre anpassbar till tidtabellen. Vid inköp kan man t ex i rätt stor utsträckning anpassa aktivitetens längd, så att man slipper att vänta. Vid långa turintervall kan det emellertid bli svårt att fylla ut tiden.

I figur 2.4, som är hämtad ur Grufman et al (1975), visas hur väntetiden och därmed den totala restiden varierar i de olika fallen I-IV enligt ovan. Vid antagande om 15 minuters åktid och 15 minuters turintervall varierar den totalt i anspråktagna tiden från 20 till 30 minuter.

Det föreligger mycket få uppgifter om hur vanligt det är med fasta start- respektive sluttidpunkter för olika typer av aktiviteter. Wallström (1975) har emellertid i samband med en resvaneundersökning i Malmö tagit reda på hur stor andel av trafikanterna som hade en fast tidpunkt att passa i målet.

Resändamål	Andel av totala antalet förflyttningar med fast tid att passa i målet
	%
arbete, skola	76
inköp, service	11
nöje, rekreation	48
annans bostad	20
egen bostad	5
annat ändamål	44

Som framgår av tabellen är det främst vid arbetsresor, som man har en fast tid att passa, men även vid nöjes- och rekreationsresor har ungefär hälften en fast tid att passa.

Den dolda väntetiden uppgår i genomsnitt till halva turintervallet i målet, om vi antar, att aktivitens start är lika sannolik inom hela turintervallet (aktivitetens starttid är rektangurlärfördelad). Om resan till aktiviteten innehåller byten, kommer det resulterande turintervallet på den länk som har det längsta resulterande turintervallet att bli avgörande för den dolda väntetidens längd (se vidare Grufman et al, 1975).

$$DV_m = \frac{Imax}{2}$$

där DV_m = dold väntetid i målet
$Imax$ = resulterande turintervall på länk med det längsta resulterande turintervallet.

I startpunkten är den dolda väntetiden lika med halva turintervallet minus väntetiden vid hållplats.

$$DV_s = \frac{I}{2} - V$$

där DV_s = dold väntetid i start
I = resulterande turintervall vid starthållplatsen
V = väntetid vid hållplats

Den totala dolda väntetiden vid en resa är alltså summan av DV_m och DV_s.

För en grupp trafikanter kan den totala dolda väntetiden tecknas:

$$DV_{TOT} = ps\ (\frac{I}{2} - V) + pm\ \frac{I\,max}{2}$$

där

ps = andelen trafikanter med en fix sluttidpunkt för aktiviteten som föregår resan

pm = andelen trafikanter med en fix starttidpunkt för aktiviteten som följer på resan.

Den uppoffring eller den kostnad som kan förknippas med den dolda väntetiden torde vara lägre än den som gäller för väntetiden vid hållplats. Det finns inga studier som explicit har behandlat den dolda väntetiden. Däremot finns det en studie av färdmedelsval i Stockholm, som visar att väntetiden vid hållplats uppfattas som mer obekväm än den totala genomsnittliga väntetiden (definierad som $\frac{I}{2}$). Den dolda väntetiden kan ofta tillbringas inomhus med möjlighet att sitta och kanske också möjlighet att läsa en tidning eller liknande. Under väntan vid hållplats utsättes man ofta för väder och vind och måste kanske stå. Det är därför väsentligt, att man skiljer på de här två typerna av väntetid, när man skall uppskatta den totala uppoffringen av väntetid.

Turtäthet

Som redan framgått är det inte tillräckligt att endast beakta väntetiden vid hållplats. Turtätheten påverkar standarden på flera andra sätt än genom den direkta väntetid som den ger upphov till. En metod att ta bättre hänsyn till turtäthetens inverkan på standarden är att komplettera väntetiden vid hållplats med den dolda väntetiden.

Omstigning

En del av besväret i samband med byte har redan beaktats genom bytestiden. Även om man har en mycket kort bytestid, så innebär ett byte ändå en viss ansträngning. Man måste hålla rätt på när man skall byta, stiga av en buss och på en annan samt hitta en ny plats. Den totala uppoffringen i samband med byte tas därför bäst hänsyn till genom att man dels beaktar bytestiden, dels antalet byten.

Trafikeringstid

Härmed avses den del av dygnet, veckan och året som trafik upprätthålles.

För sådana personer som endast har tillgång till kollektiva transportmedel är det här en viktig faktor. I synnerhet om personerna har

något i tiden udda resbehov, t ex skiftarbete eller liknande.

Pålitlighet

Pålitligheten är ett mått på säkerheten att kunna påbörja och nå målet vid planerad tidpunkt. Den här säkerheten är beroende av sannolikheten att komma med avsett fordon, regulariteten/punktligheten, restidsvariationen och driftsäkerheten.

Sannolikheten att komma med avsett fordon styrs av systemets kapacitet i förhållande till efterfrågan, d v s om det finns plats i fordonet, när det kommer till hållplatsen.

Regularitet eller punktlighet är båda mått på avvikelser från en planerad trafikering. Regulariteten mäter variationen på intervallen mellan bussar på samma linje, medan punktligheten mäter avvikelserna från tidtabellsenlig ankomst- eller avgångstid.

Punktligheten är i allmänhet det intressantaste måttet vid turintervall längre än ca 10 minuter, eftersom trafikanterna då anpassar sin ankomst till hållplats efter tidtabellen.

Vid turintervall under ca 10 minuter torde regulariteten vara det mest relevanta måttet. Regulariteten påverkar trafikanternas medelrestid. Den påverkar också hur jämnt vagnarna på en linje blir belastade. En dålig regularitet medför en ojämn belastning och ökar därigenom också risken för att vissa vagnar blir överbelastade.

Regulariteten/punktligheten påverkar förutom väntetiderna vid hållplats även den totala restiden genom att man kan tvingas ta en tidigare tur än vad som skulle varit nödvändigt vid en perfekt regularitet/punktlighet. Det här förhållandet belyses väl av ett exempel som redovisas av Hansen och Harreschou (1972). Man har tittat på en resa med åktiden 20 minuter. Busslinjen har turtätheten 10 minuter. Tiderna för bussarnas ankomst till starthållplatsen respektive målhållplatsen är normalfördelade med spridningen 1 minut respektive 3 minuter. (Som exempel kan nämnas att vi på några busslinjer i Uppsala har uppmätt en spridning på 2 minuter (Holmberg, 1973)). I exemplet antas att passagerarna ankommer till starthållplatsen så att de med 99% sannolikhet kommer med första bussen och att de accepterar en risk på 5% att komma för sent till arbetet. Med dessa antaganden ökar restiden med i genomsnitt 7 minuter jämfört med en perfekt regularitet/punktlighet.

Restidsvariationen hänger intimt samman med regulariteten och punktligheten. Den påverkas av samma yttre faktorer främst övrig trafik och driftstörningar i form av motorhaverier etc. Den påverkar också den totala restiden på samma sätt som regulariteten och punktligheten. Vid stora variationer i restiden kan man också tvingas ta en tidigare tur än vad som annars skulle vara nödvändigt.

Om man använder sig av måttet punktlighet, innefattar det också restidsvariationerna. Regulariteten ger däremot inget direkt mått på restidsvariationen. En speciell behandling av restidsvariationen behöver därför endast ske, då regularitetsmåttet användes.

Begreppet driftsäkerhet torde inte kräva några speciella kommentarer.

2.4.2 Bekvämlighet

Gångvägar och hållplatser

Bekvämligheten på gångvägar och vid hållplatser har behandlats utförligt vid en studie inom Nordplan, Almqvist (1976). Här kommer därför endast några använda termer att förklaras.

Med gångvägars tekniska utformning menas t ex ytbeläggning, lutningsförhållanden, förekomst av trappor, dräneringsanordningar etc. Den tekniska utformningen kan ofta vara avgörande för gångvägens tillgänglighet, t ex för personer med nedsatt syn och rörelseförmåga, personer med barnvagn och rullstol etc.

Med planutformning menas egenskaper som orienterbarhet och genhet. Sådana egenskaper har visat sig i hög grad påverka en gångvägs utnyttjande (se t ex Studie av effektiviteten hos separerade gångtrafiksystem, 1969 och Lövemark, 1970).

Den omgivande miljön har visat sig påverka hur man upplever ett visst gångavstånd. En intresseväckande miljö kan få gångtiden att verka kortare och mer meningsfull.

En god belysning kan ha dubbel effekt, dels underlättas läsningen av skyltar och tidtabeller, dels minskar riskerna för ofredande av väntande passagerare.

Fordon

Den viktigaste aspekten på av- och påstigningsanordningar är kanske att de genom en olämplig utformning kan utestänga vissa människor från att använda transportmedlet. Oftast är det instegshöjd, trappstegshöjd

och djup, som är kritiska, men även dörröppningens bredd och de anordningar som finns för att underlätta påstigningen respektive avstigningen bör beaktas.

Med gångegenskaper avses komforten under resan vad avser påverkan av krafter från acceleration och retardation, ryck samt vibrationer. Det är dels fråga om krafternas storlek, varaktighet och hur ofta de uppträder, samt dels hur de påverkar passagerarna. Sittande passagerare påverkas t ex i mindre utsträckning av acceleration och retardation, fjädring etc. Främst torde emellertid kraftpåverkan, när det gäller bussar, bestämmas av yttre faktorer såsom linjenätets geometri, kurvradier, hållplatsavstånd och störningar från omgivande trafik.

Det har i ett flertal undersökningar visat sig att det obehag man upplever av acceleration respektive retardation i större utsträckning hänger samman med den hastighet varmed förändringen sker än med själva maxvärdet. Accelerationsändringen per tidsenhet kallas ryck och mätes i g/s (m/s^3).

I Friberg och Holmberg (1974) samt i Holmberg (1971) finns relativt väl dokumenterat rekommenderade värden på acceleration, retardation, ryck och vibrationer.

Psykisk bekvämlighet

Med information avses här i första hand hur lätt det är att få klarhet i hur ett transportsystem är uppbyggt och fungerar; hur man skall bära sig åt för att resa mellan två punkter.

Med betalningssystem menas möjligheten att på förhand räkna ut vad resan kommer att kosta och hur man skall erlägga avgiften. Dessutom skall beaktas hur lätt det är att bruka betalningssystemet.

Båda aspekterna, information och betalningssystem, är viktiga för vissa gruppers möjligheter att utnyttja ett transportsystem. Främst gäller det barn och psykiskt handikappade.

När det gäller faktorn kontakt eller avskildhet, är det fråga om möjligheterna för passageraren att själv kunna välja, om han vill ha eller undvika kontakt. Rymligheten och sittplatsernas anordnande är här viktiga faktorer. En del synpunkter på sittplatsernas ordnande kan man hämta från gruppsykologiska experiment. En sammanfattning av i det här sammanhanget intressanta erfarenheter från sådana kan man hämta från Mäki och Forslund (1975).

Valfriheten avser möjligheterna att påverka valet av resväg, medpassagerare etc. Häri innefattas också möjligheten att korrigera misstag. Det kan t ex vara aktuellt om man valt fel linje, betalt fel etc.

2.4.3 Säkerhet

Här skall endast poängteras, att ett flertal av de uppgifter som föreligger om kollektiva trafiksystems trafiksäkerhet endast avser förflyttningen i fordonet. Det är viktigt att hela resan från dörr till dörr beaktas. En svag länk är då oftast gångförflyttningarna till och från hållplats.

En något utförligare diskussion om bl a kollektiva trafiksystems säkerhet och ytterligare referenser återfinnes i Friberg och Holmberg (1975) samt Holmberg (1976).

3 MÄTNING OCH VÄRDERING AV STANDARD

3.1 Mätning av enskilda standardfaktorer

Det finns två pricipiellt olika metoder att mäta olika standardfaktorers betydelse, attitydundersökningar och beteendestudier. Attitydundersökningar har under senare år börjat användas relativt flitigt i trafikplaneringssammanhang. Det har därvid uppstått en livlig debatt om vilken metod som är "bäst".

Vi vill här argumentera för att man låter de båda metoderna komplettera varandra. De har båda för- och nackdelar och kan genom att användas, där de är mest lämpade, tillsammans ge ett gott planeringsunderlag.

3.1.1 Attitydundersökningar

Egidius (1970) förklarar begreppet attityd som följer:

> "En attityd är en känsloladdad föreställning. Den är inte alltid så lätt att skilja från en åsikt. Ofta säger man, att attityden är en benägenhet att reagera för eller emot något. I så fall baseras den på en åsikt om något, d v s på en känsloladdad uppfattning, som medför gillande eller ogillande. Det ligger i sakens natur, att attityder och åsikter är svårfångade psykiska företeelser. Man kan inte iakttaga dem direkt, bara sluta sig till dem på grundval av folks uttalanden och reaktioner."

Vi skall också försöka göra en distinktion mellan attityd och opinion. Vi menar att attityden är mera djupt liggande och därmed mera stabil och mindre känslig för tillfälliga modeströmningar. Det här leder till att det ställs stora krav på frågekonstruktionen i attitydundersökningar för att man skall få fram attityder (se t ex Andreasson, 1975).

Det är endast meningsfullt att fråga om sådana förhållanden, som den tillfrågade har kunskap och erfarenhet av. Frågorna måste vara konkret utformade och så preciserade att man säkert får svar på den avsedda frågeställningen. Det ställs mycket stora krav på konstruktionen av frågorna om man verkligen skall få den tillfrågade att ta ställning och med säkerhet uppfatta frågan såsom den var avsedd.

Om vi förutsätter, att frågorna är riktigt utformade, kan man då vara säker på att den tillfrågade i en framtida situation handlar på ett

sätt som överensstämmer med hans attityder? Det här är en mycket vanlig fråga. Det är bl a också den som lett till den enligt vår mening irrelevanta debatten om vilken av metoderna beteendestudier eller attitydundersökningar som är "bäst".

Nowak et al (1968) förklarar på ett bra sätt, varför frågan är felställd och varför man inte kan ange någon av metoderna beteendestudier eller attitydundersökningar som generellt "bäst":

> "Ett samband mellan attityder och handlingar förutsätter någon slags "sann attityd", vilken kan mätas oberoende av individens handlingar. Attityder finns inte, utan är endast ett begrepp som används för att förklara olikheter mellan en individs handlingar mot olika objekt eller vid olika tillfällen eller skillnader mellan olika individers handlingar vid ett och samma tillfälle. Det är därför endast meningsfullt att tala om samband mellan olika handlingar, vilka betraktas som indikatorer på en och samma attityd. Om en individ på ett frågeformulär anger att han föredrar ett visst politiskt parti, är detta naturligtvis en handling likaväl som att faktiskt rösta på partiet i ett val. Båda kan betraktas som indikatorer på individens attityd mot partiet. Den ena indikatorn är inte mera "sann" än den andra, men de kan vara olika användbara för den som gör mätningen. Användbarheten beror på vilket syfte man har med mätningen - vill man t ex förutsäga individens faktiska röstning vid ett senare tillfälle, är kanske röstningen den mest användbara indikatorn på hans attityd. Om däremot syftet är att t ex beskriva individens uppfattning om det politiska partiet, är faktisk röstning en föga användbar indikator." (Vår understrykning.)

I transportplaneringssammanhang kan exemplet ovan t ex motsvaras av uppfattningen om ett transportmedel och valet av transportmedel.

Man skall dock observera, att det i en frågeundersökning kan finnas olika anledningar till att man inte önskar avslöja sin "verkliga" uppfattning om en företeelse. Det kan t ex bero på att det vid undersökningstillfället är på modet att tycka på ett annat sätt. Det är därför viktigt att konstruera frågorna så att man verkligen får fram attityder och ej en allmän opinion.

Det finns olika metoder att med hjälp av attitydundersökningar få fram vikten hos olika faktorer:

1. Intervjupersonen (ip) får rangordna de olika faktorerna.
2. Ip får jämföra de olika faktorerna parvis (parvisa jämförelser).
3. Ip får beskriva faktorerna med hjälp av vissa givna uttryck, såsom mycket bra, bra, indifferent, dålig, mycket dålig etc (kategoribedömning).
4. Ip får beskriva varje faktor genom att på en skala markera, var han tycker faktorn ligger. Skalans ändpunkter fastlägges t ex genom att de anges som bästa respektive sämsta möjliga eller genom att man anger några kända värden (semantic scaling).

I metoderna kommer olika skalor att användas. Dessa skalor beskrives nedan.

Nominalskala

Detta är inte en skala i vanlig bemärkelse, utan snarare en klassificering. Man sätter helt enkelt en etikett på varje faktor utan att ta ställning till om någon är viktigare eller större än någon annan.

Ordinalskala

Den här skalan innebär en rangordning av faktorer. Däremot säger skalan inget om hur mycket större eller mindre en faktor är än en annan.

Intervallskala

Här har man gått ett steg längre än ordinalskalan. Man kan med hjälp av intervallskalan även uttrycka relativa skillnader mellan faktorer. Däremot kan man inte säga något om absolutnivån, då nollpunkten på skala är godtyckligt vald.

Kvotskalan

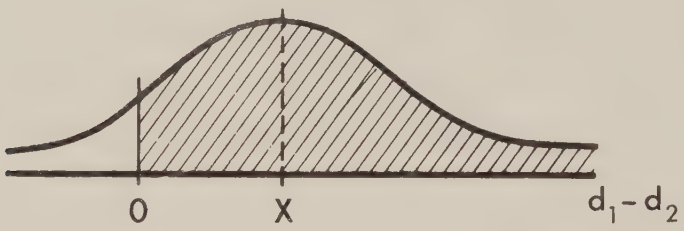
Det här är den mest preciserade skaltypen. Den tillåter användning av alla fyra räknesätten. Den har en väldefinierad nollpunkt. Varje skalpunkt har därför samma innebörd oavsett i vilket sammanhang den användes. Exempel på kvotskalor är längd, temperatur, volym, tid etc.

Metod 1 ger möjlighet att inplacera faktorerna på en ordinalskala, 2 på en intervallskala, 3 på en nominal- eller ordinalskala och 4 på en intervall- eller kvotskala. För att metod 4 skall kunna ge en kvotskala erfordras dock, att de båda ändpunkterna kan inplaceras på en kvotskala. Man använder då helt enkelt en kvotskala för att göra markeringarna på.

Metod 2 har använts en hel del i trafikplaneringssammanhang på senare år. Den utnyttjar Thurstones modell för skalbestämningen genom bedömning och lagen om parvisa jämförelser (se vidare Torgerson, 1958 samt Ekman och Björkman, 1966).

Mycket kortfattat sker skalbestämningen på följande sätt. Varje faktor antages ge en respons, som kan fastläggas på en psykologisk skala. Om en individ konfronteras med faktorn flera gånger, erhålles något olika värden på den psykologiska skalan. Olika individer inplacerar också faktorn på olika skalvärden. Man antar att spridningen i båda fallen är normalfördelad.

Låter man en individ jämföra två faktorer flera gånger eller flera individer jämföra faktorerna en gång, det senare är vanligast i det här sammanhanget, erhålles en fördelning av differenser som också är normalfördelade. Medelvärdet för fördelningen är det sökta måttet på den upplevda skillnaden mellan de två faktorerna. Det sökta medelvärdet på den psykologiska skalan kan endast bestämmas indirekt. I figuren nedan har vi ritat upp fördelningen av differenser på den psykologiska skalan.



Vi vill bestämma x, som är ett mått på den upplevda skillnaden mellan de två studerade faktorerna. Den skrafferade ytan anger sannolikheten för att den ena faktorn skall upplevas som större än den andra, d v s att differensen är positiv. En skattning på den här sannolikheten är andelen gånger faktor 1 bedömts som större eller viktigare än faktor 2. Med hjälp av en normalfördelningstabell kan man sedan beräkna x, uttryckt i skalvärden mätta i spridningsenheter.

Med hjälp av metoden kan man alltså endast mäta den relativa betydelsen av olika faktorer, d v s man få deminplacerade på en intervallskala.

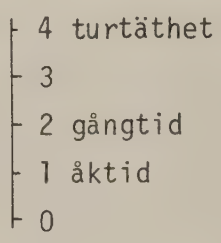
Detsamma gäller i praktiken också vid semantic scaling, om man inte bedömer en faktor för vilken det redan finns en kvotskala. (Vid semantic scaling erhålles skalvärdet helt enkelt som medelvärdet av de

olika individernas markeringar på skalan.)

De skalvärden på faktorer som ges av en intervallskala kan endast i begränsad utsträckning användas vid en vidare matematisk behandling.

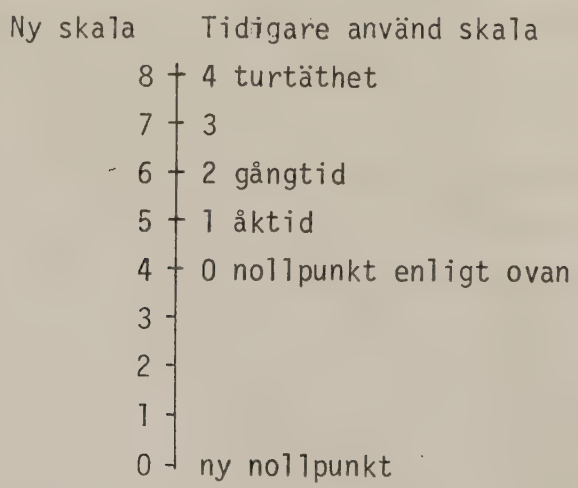
För att klargöra intervallskalans begränsningar skall vi visa ett exempel.

Låt oss antaga, att vi låtit ett antal intervjupersoner med hjälp av t ex parvisa jämförelser bestämma betydelsen av faktorerna åktid, gångtid och väntetid. Vi erhöll då följande skala:



Skalans nollpunkt är alltså godtyckligt placerad. Vi kan då endast dra slutsatser av typen: Skillnaden mellan turtäthet och åktid är 3 gånger så stor som skillnaden mellan gångtid och åktid.

Vi kan däremot inte med hjälp av intervallskalan dra slutsatser av typen: Turtätheten är fyra gånger viktigare än åktiden ($\frac{4}{1} = 4$) eller turtätheten är två gånger viktigare än gångtiden ($\frac{4}{2} = 2$). Det här syns direkt, om vi placerar nollpunkten i annat läge.



Vid den nya placeringen av nollpunkten gäller fortfarande slutsatsen, att skillnaden mellan turtätheten och åktiden är 3 gånger större än skillnaden mellan gångtiden och åktiden. Däremot gäller ej, att turtätheten är 4 gånger viktigare än åktiden. Ny blir kvoten mellan turtäthet och åktid endast $\frac{8}{5} = 1{,}6$.

Intervallskalor tillåter endast addition och subtraktion, ej multiplikation eller division.

3.1.2 Beteendestudier

Vid beteendestudier studerar man, som namnet anger, människors beteenden i valsituationer och försöker med ledning av det träffade valet sluta sig till deras preferenser med avseende på de faktorer som inverkar vid valet.

I trafikplaneringssammanhang avser valet i allmänhet färdväg eller färdmedel.

För att kunna bestämma skalvärdet på en faktor krävs att man kan finna valsituationer, där faktorn varierar.

För att kunna bestämma betydelsen eller vikten på olika faktorer utgår man från en beskrivning av nyttan för varje alternativ. Man antar i allmänhet att den kan tecknas som en lineär summa av de olika inverkande faktorerna.

$$L_i = a_o + a_1 f_1(x_1) + a_2 f_2(x_2) + \ldots a_n f_n(x_n)$$

där

L_i = nyttofunktionen för alternativ i

$a_o - a_n$ = konstanter som skall bestämmas. Det är dessa konstanter som anger faktorernas relativa vikt

$x_1 - x_n$ = ett mått på respektive faktor

$f_1 - f_n$ = antagna funktioner, som uttrycker hur upplevelsen av faktorn eller nyttan av faktorn beror av den valda måttenheten på faktorn

Valet mellan två alternativ i och j antages kunna förklaras med utgångspunkt från en funktion L_{ij}, där mätetalet för varje faktor i ena alternativet divideras med eller subtraheras från mätetalet för samma faktor i det andra alternativet, d v s

$$L_{ij} = a_0 + a_1 f_1\left(\frac{x_1}{y_1}\right) + a_2 f_2\left(\frac{x_2}{y_2}\right) + \ldots a_n f_n\left(\frac{x_n}{y_n}\right)$$

eller

$$L_{ij} = a_0 + a_1 f_1(x_1 - y_1) + a_2 f_2(x_2 - y_2) + \ldots a_n f_n(x_n - y_n)$$

där $x_1 - x_n$ = mätetalet för faktor 1 - n i det ena alternativet, i

$y_1 - y_n$ = mätetalet för faktor 1 - n i det andra alternativet, j

Det finns sedan olika metoder att koppla funktionen L till sannolikheten för att välja ett alternativ och att sedan med hjälp av ett konstaterat beteende estimera konstanterna a_0 - a_n. De metoder som användes mest är diskriminantanalys, logit- och probitanalys.

I t ex logitanalysen antar man, att sannolikheten att välja ett visst alternativ bestäms av följande funktion:

$$P = \frac{e^{L_{ij}}}{1 + e^{L_{ij}}}$$

där L_{ij} är nyttofunktionen definierad enligt ovan

Funktionen innebär, att man antar att sannolikheten varierar med nyttofunktionen (L) enligt en S-kurva (logit-kurva).

För att få fram vikter på standardfaktorer med hjälp av de redovisade metoderna måste vissa förutsättningar vara uppfyllda. Man måste också utgå från ett antal antaganden.

För att de framtagna vikterna på faktorerna vid beteendestudier grundade på val skall vara meningsfulla, krävs att individen haft fullständig information om alternativen.

Det krävs också att man vid varje tillfälle har gjort en bedömning av alla alternativ och därefter valt det som ger den största nyttan eller minsta uppoffringen. Vi vet emellertid, att många individer i många sammanhang väljer väg och färdmedel av gammal vana. Man reagerar mycket trögt på förändringar i ett system.

De faktorer vars betydelse skall bestämmas måste kunna anges på en kvotskala. Det här innebär i praktiken en ganska hård begränsning av de faktorer som kan behandlas.

Som redan tidigare nämnts måste faktorerna uppvisa en spridning i de alternativ mellan vilka valet står. Många faktorer, som t ex har att göra med utformningen av bussar, är så hårt standardiserade, att det är omöjligt att finna valsituationer, där faktorerna uppvisar en tillräcklig spridning.

Faktorerna får inte vara för hårt korrelerade. Det går då ej att estimera konstanterna med någon säkerhet. Exempel på faktorer, som oftast är starkt korrelerade, är t ex åktid och total restid.

De antaganden man måste göra gäller i första hand nyttofunktionens utseende, sambandet mellan nyttan av en enskild faktor och mätetalet för

faktorn samt slutligen sannolikhetens beroende av nyttofunktionen.

I allmänhet antar man, att nyttofunktionen kan tecknas som en summa av nyttan av de olika faktorerna. Nyttan av en enskild faktor antages i allmänhet direkt proportionell mot mätetalet på faktorn. (Det har dock även gjorts försök med logaritmiska funktioner.)

Det senare antagandet kan i många fall ifrågasättas. Mycket tyder på att sambandet ofta ej är lineärt. Man har vid ett flertal studier av samband mellan subjektiv upplevelse och olika fysikaliska storheter såsom t ex vikt, volym, ljusstyrka etc, funnit att potensfunktioner bäst förklarar sambanden.

När man bildar nyttofunktionen L för två konkurrerande alternativ, har man inte heller helt lyckats klargöra, om man bör välja differensen eller kvoten mellan mätetalen för faktorerna.

Trots de invändningar som anförts mot beteendestudier, har det visat sig, att när det gäller vissa standardfaktorer, ger studier utförda i olika länder och under olika förhållanden förvånansvärt god överensstämmelse i resultaten.

Tabellen nedan hämtad ur Grufman et al (1975) visar framräknade vikter för väntetid, gångtid och åktid vid några olika studier:

Ort och årtal	Vikt		
	väntetid	gångtid	åktid
Paris 1966	3	1,75	1
4 städer i England 1967/68	2,1	4	1
London 1972	2,6	1,7	1
Sidney 1971	2,9	1,5	1
Stockholm 1968 (T-bana och buss)	3,3	--	1

Hittills har man endast lyckats få fram vikter på gång-, vänte-, bytes- och åktid samt antalet byten. Man har vidare fått fram varierande vikt på åktiden med hänsyn till trängseln och varierande vikt på byten beroende på bytesförhållandena.

Alla andra bekvämlighetsfaktorer, som inverkat i de studerade fallen, är sålunda inkluderade i vikterna på de angivna faktorerna. Det här innebär, att om någon av de bekvämlighetsfaktorer som man ej lyckats isolera förändras, så är vikterna principiellt ej längre tillämpliga.

3.1.3 Jämförelse mellan attitydundersökningar och beteendestudier

Till en början kan vi konstatera, att de två metoderna har klara begränsningar, som gör att de ej går att använda i vissa sammanhang.

Med hjälp av attitydundersökningar har man ännu ej lyckats ta fram vikter uttryckta i kvotskala. Det innebär, att enbart attitydundersökningar endast med svårighet kan användas som underlag för matematiska modeller för vägval eller färdmedelsval. (Det förekommer färdmedelsvalsmodeller baserade på attitydundersökningar.)

Med beteendestudier kan man ej bestämma vikten på faktorer som ej uppvisar någon spridning i befintliga transportsystem. Man kan ej heller särskilja starkt korrelerade faktorer. Slutligen krävs det, att faktorerna kan mätas på en kvotskala, eftersom de skall kunna behandlas i en matematisk modell.

I vissa sammanhang kan ett utnyttjande av båda metoderna ge ett bättre planeringsunderlag än var och en av dem. Vid konstruktionen av en färdmedelsvalsmodell kan det t ex vara lämpligt att starta med en attitydundersökning. Härigenom får man en god överblick över vilka faktorer som kan vara intressanta och en ungefärlig prioritering av dem. Därefter företas en beteendestudie, där man då koncentrerar sig på de viktigaste faktorerna. På det här sättet är man i beteendestudien säker på att ha fått med alla relevanta faktorer och kan koncentrera sig på de viktigaste och därigenom få ett statistiskt bättre material för en viss kostnad.

I andra sammanhang får ändamålet och användningen av resultatet avgöra valet av metod. Låt oss titta på ett problem, som kommer att behandlas relativt utförligt i den här rapporten, nämligen beskrivning av standard som underlag för problemananlys och för prioritering av förbättringar.

I det här fallet är attitydundersökningar i hög grad relevanta, därför att man här är intresserad av trafikanternas eller potentiella trafikanters uppfattning om systemet. Det är just detta en väl utförd attitydundersökning mäter. Om resultaten helt eller delvis skall användas i någon matematisk vidarebearbetning, krävs emellertid beteendestudier.

På samma sätt som vid studier av färdmedelsval kan det vara värdefullt att låta de båda metoderna komplettera varandra. Attitydundersökningen ger en god överblick över problemen och möjliggör kvalitativa bedömningar av sådana faktorer som inte kan kvantifieras i beteendestudier.

3.2 Samhällsekonomisk utvärdering av ett transportsystems standard

I det föregående kapitlet beskrevs hur enskilda standardfaktorer kan mätas. Eftersom standardbegreppet sammansätts av en mångfald faktorer, räcker det inte med att redovisa värdet på var och en av faktorerna separat för att man skall kunna jämföra transportsystem. Man måste också ha något verktyg, som underlättar en samtidig bedömning av samtliga faktorer. Sammanvägningen kompliceras också av att faktorerna har varierande betydelse för olika befolkningsgrupper och resändamål.

De metoder för standardbeskrivning som presenteras senare i rapporten skall ses som hjälpmedel vid den totala sammanvägningen.

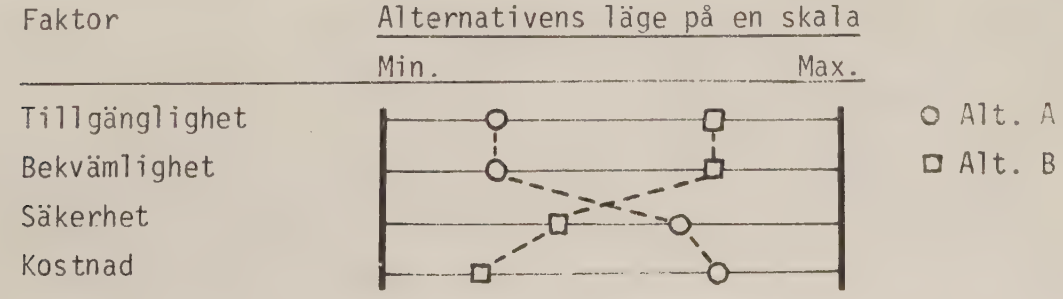
För att ge en fullständigare bild av hela utvärderingsprocessen och en ram kring de beskrivnings- och beräkningsmetoder som presenteras senare i rapporten och som utgör tyngdpunkten av denna skall vi mycket kortfattat beskriva några metoder, som kan användas för att göra den slutliga utvärderingen. (Framställningen bygger i stor utsträckning på Friberg och Holmberg, 1975.)

Till en början skiljer vi mellan metoder, där man endast ställer upp underlagsmaterialet på ett överskådligt sätt, oftast med hjälp av någon grafisk representation och sådana metoder, där man försöker reducera antalet faktorer med matematiska metoder baserade på någon teori. Även vid de senare metoderna använder man ofta grafisk presentation för att skapa en bättre överblick.

Grafiska metoder

Dessa metoder är egentligen inga verkliga sammanvägningsmetoder. De syftar endast till att ge en bättre överblick över det underlagsmaterial man förfogar över vid värderingen. Själva sammanvägningen av olika aspekter sker helt subjektivt med utgångspunkt från det presenterade materialet.

Exempel på en sådan metod är faktorprofilen, se figuren nedan.



Man ställer upp de aspekter som skall ingå i bedömningen och avsätter varje alternativ på en skala. Denna kan vara en intervallskala eller en kvotskala.

Vid intervallskala ordnas alternativen endast relativt varandra. Det kan göras så att det bästa alternativet ges max-poängen och det sämsta min-poängen.

Det kan också göras så att man definierar ett sämsta tänkbara tillstånd och tilldelar detta min-poängen samt definierar ett bästa tänkbara och tilldelar detta max-poängen. I det här fallet närmar man sig kvotskalan.

Med en kvotskala anges inte endast alternativens relativa lägen, utan även deras absoluta.

I exemplet ovan ligger det nära till hands, att bekvämligheten och eventuellt tillgängligheten avsätts på intervallskalor, medan säkerheten och kostnaderna avsätts på kvotskalor.

En svaghet hos faktorprofilen är, att betydelsen av de olika faktorerna inbördes ej anges. Om man i exemplet ovan delar upp t ex bekvämligheten i en rad delaspekter, kan bekvämligheten därigenom lätt få en visuell dominans, som den inte borde ha. De faktorer som redovisas i profilen, bör därför ha en likvärdig vikt.

Kostnad-intäktanalys

I kostnads-intäktanalyser bestämmes nyttan av en faktor med hjälp av de berördas betalningsvilja.

Kostnad-intäktanalyser började utnyttjas främst i USA för analyser av vattenbyggnadsprojekt såsom t ex dammbyggnader.

Man beaktade då främst sådana aspekter som var lätta att uttrycka i monetära mått.

Senare har metoden vidareutvecklats av Lichfield så att även faktorer som ej kan uttryckas i monetära mått kan beaktas. Vidare tas även hänsyn till olika intressentgrupper. Den här varianten av kostnad-intäktanalysen kallas Planning-Balance-Sheet.

Måluppfyllelseanalyser

I måluppfyllelseanalyser sker en bedömning av hur ett på förhand antal uppställda mål uppfylles. Graden av måluppfyllelse mätes oftast med någon form av poäng och de olika målens relativa betydelse med vikter.

Det förekommer ett flertal olika varianter av den här metoden såsom TASAM, positionsanalys, funktionsindex och kostnad-effektanalys. I den senare metoden sker jämförelse mellan den totala måluppfyllelsen och kostnaderna separat som ett sista moment.

Jämförelse mellan kostnad-intäkt- och måluppfyllelseanalys

Teoretiskt finns det vissa skillnader mellan metoderna, men vid praktisk användning torde det i allmänhet ha liten betydelse vilken metod som används.

De två metoderna skiljer sig främst åt genom att målen i måluppfyllelseanalysen uppställs explicit innan själva analysen börjar. I kostnad-intäktanalysen ingår identifieringen av konsekvenser som ett moment i analysen.

I måluppfyllelseanalysen sker jämförelser av konsekvenser mellan olika alternativ genom att skillnaderna i poäng för olika mål multipliceras med vikter som anger de olika målens relativa betydelse. I kostnad-intäktanalys sker jämförelsen med utgångspunkt från betalningsviljan för de olika konsekvenserna.

Skillnaden mellan metoderna när det gäller jämförelse av konsekvenser för olika alternativ består alltså i att man använder olika metoder för estimering.

I praktiken har det visat sig att det ofta just är estimeringen som ställer till problem.

De estimeringar som krävs för att få fram vikter och poäng i måluppfyllelsemetoden är när det gäller tillämpningar inom samhällsplaneringsområdet oftast nära nog omöjliga att genomföra för alla relevanta faktorer. Samma sak gäller estimeringen av betalningsviljan i de ursprungliga kostnad-intäktsanalyserna.

Vi skall inte här ge oss in på någon värdering av metoderna. Valet av metod är i hög grad beroende av i vilket sammanhang och för vilket ändamål den skall användas.

Som en hjälp vid val av metod för en viss utvärderingssituation lämnas nedan en lista på krav som kan ställas på utvärderingsmetoder.

1. Metoderna skall öka rationaliteten i värderingen. Härmed menas att de skall bidraga till att så många relevanta aspekter som möjligt beaktas. Värderingsprocessen skall också kunna rekonstrueras.

2. De mål eller värderingar som ligger till grund för värderingen bör vara explicit redovisade.

3. Varierande mål och konsekvenser för olika grupper skall kunna beaktas, d v s fördelningsproblem skall kunna behandlas.

4. Även icke fackmän skall kunna begripa metoderna och ha möjlighet att sätta sig in i hur värderingen har skett.

5. Värderingen får ej kräva orimlig arbetinsats. Vad som är rimlig arbetsinsats får bedömas med hänsyn till beslutets vikt och problemets komplexitet.

4. BESKRIVNING AV STANDARD

Ett flertal olika metoder för att beskriva standard och tillgänglighet har utvecklats under senare år. Man kan indela metoderna i två grupper med hänsyn till det huvudsakliga syftet samt med avseende på hur de behandlar transportsystemets standard.

A. Metoder vars mål i första hand är att beskriva utbudet av olika aktiviteter såsom arbetsplatser, service, rekreation etc. Transportsystemets standard redovisas implicit.

B. Metoder vars mål i första hand är att beskriva transportsystemets standard. Denna redovisas explicit.

Vid praktisk tillämpning av metoderna användes ibland metoder ur grupp A för att beskriva transportsystems standard och metoder ur grupp B för att belysa tillgången till olika utbud. I praktiken är det därför ofta svårt att särskilja de två grupperna. Här kan dock uppdelningen vara av ett visst pedagogiskt värde.

I litteraturen förekommer ett par olika uttryck för den egenskap man önskar belysa med metoderna under A och B ovan. De vanligaste benämningarna är tillgänglighet och åtkomlighet. Uttrycken användes ofta synonymt. Man kan dock spåra en tendens till att åtkomlighet i första hand avser metoder under A, d v s när det är fråga om att beskriva tillgången till olika utbud, medan tillgänglighet i första hand avser metoder under B, d v s restider till olika mål.

I metoderna under A och B förekommer det, att man antingen behandlar enbart restiden eller arbetar med mått som avser total resuppoffring, d v s förutom restid även andra tillgänglighetsaspekter samt bekvämlighet. Resuppoffringen benämnes ibland även resmotstånd eller generaliserad reskostnad. Vi kommer här att använda begreppet resuppoffring.

4.1 Restid eller total resuppoffring som standardbeskrivningsparameter

Vid beskrivning och utvärdering av transportsystem förekommer det relativt ofta att man diskuterar huruvida man skall använda ren restid eller resuppoffring. Om man bestämt sig för att använda resuppoffring, återstår frågan om den skall redovisas som ett enda mått - en matematisk sammanvägning av ett flertal aspekter - eller som ett flertal separata mått, ett för varje aspekt.

Vi menar att valet av parameter för beskrivningen och sättet att redovisa denna måste bestämmas av syftet med beskrivningen.

Vi skall försöka belysa problemet genom att diskutera tre tänkbara situationer:

1. Situationer då det är mest relevant att arbeta med rena restider.
2. Situationer då total uppoffring bör användas, men inget entydigt kan sägas om sammanvägning eller ej.
3. Situationer då sammanvägd, total uppoffring bör användas.

Vi börjar med de situationer som är enklast att utreda, nämligen 1 och 3.

Den rena restiden är intressant, om man vill belysa i vilken utsträckning individer i ett givet transportssystem har möjlighet att genomföra resor inom givna tidsrestriktioner. Hinner man t ex att på vägen hem från arbetet besöka ett postkontor och en livsmedelsaffär? Kan man utnyttja ett visst färdmedel för att åka till och från teatern på kvällen?

Vid väg- och färdmedelsval har man däremot kunnat visa att enbart restiden ej förklarar valet, utan även andra tillgänglighetsaspekter och bekvämligheten är viktiga (se kap 2.1). Vid analys av sådana situationer bör sålunda någon form av mått på den totala resuppoffringen användas.

Om måttet skall användas i en matematisk modell, t ex för prognos av val, måste måttet dessutom utgöras av en sammanvägning av alla relevanta aspekter.

I många situationer, där man menar att restiden ej är ett tillräckligt mått på ett transportsystems standard, kan man välja mellan att redovisa de relevanta aspekterna var för sig eller väga samman dem till ett mått (se vidare nedan).

Sammanvägningen har fördelen, att man med ett enda mått får en bild av den totala standarden. Man behöver ej subjektivt väga samman ett antal delkomponenter för att skaffa sig en uppfattning om standarden. Å andra sidan har den flera nackdelar. Endast komponenter som kan kvantifieras och mätas kan sammanvägas. Det totalmått, som erhålles vid sammanvägningen, är mycket komplext och kan ej relateras till någon känd, intuitivt tolkbar enhet.

Separatredovisningen har de omvända egenskaperna. De separat redovisade egenskaperna är oftast lätta att intuitivt förstå, men det kan innebära avsevärda

problem att skaffa sig en totaluppfattning av standarden. Vid en separatredovisning kan även ej kvantifierbara egenskaper beskrivas.

Kombinationer av de två metoderna är givetvis möjliga. Ofta kompletteras t ex ett sammanvägt standardmått med separata beskrivningar av sådan egenskaper som ej kunnat kvantifieras eller mätas.

4.2 Modeller för beskrivning av standard

Ovan har kortfattat nämnts hur standarden för enskilda resor kan mätas. Detta problem behandlas utförligare nedan i kapitel 4.5.

Vi skall nu diskutera modeller som gör det möjligt att beskriva restids- eller resstandardförhållanden för en punkt eller ett område med avseende på alla resor - realiserade eller potentiella - som startar eller har mål i punkten eller området. Det är alltså fråga om att göra en aggregering av resstandarden för ett antal resor i olika riktningar.

Såväl metoder vars syfte i första hand är att beskriva utbudet av aktiviteter , "åtkomlighet", som metoder vars syfte är att beskriva transportsystems standrad, "tillgänglighet", kommer att beröras.

Huvudvikten kommer dock att läggas på sådana metoder i den senare gruppen som utvecklats och tillämpats inom projektet.

De metoder som redovisas kan användas för att beskriva såväl rena restidsförhållanden som resuppoffring.

Tillämpning av metoderna redovisas i kapitel 5.

4.2.1 Implicit beskrivning av transportsystems standard, åtkomlighet

Om man vill beskriva utbudet av aktiviteter kring ett studerat område eller en punkt, så kan det ske dels med, dels utan hänsyn till efterfrågan. Den första typen av åtkomlighet kallar vi potentiell och den andra efterfrågerelaterad.

Ett vanligt sätt att beskriva potentiell åtkomlighet är att ange t ex antalet arbetsplatser inom en viss given restid.

Efterfrågerelaterad åtkomlighet beräknas genom att beakta efterfrågans avståndsberoende och nyttan av att nå ett utbud.

Nyttan av ett utbud på avståndet d_j kan tecknas:

$$U_j = a_j \cdot f(d_j)$$

där

a_j = ett mått på utbudets bruttonytta

d_j = avståndet, restiden eller uppoffringen (generaliserade kostnaden)

f = en funktion som beskriver avståndets inverkan på nyttan av utbudet

Som avståndsfunktion användes ofta någon typ av exponentialfunktion.

Den samlade nyttan av alla utbud av en viss typ kring ett visst område "i", d v s åtkomligheten, kan då tecknas:

$$U_i = \sum_j a_j \, f(d_{ij})$$

U_i är alltså ett mått på utbudet kring ett visst område med hänsyn till möjligheterna att nå de enskilda utbuden och nyttan av att nå dem. U_i är enligt vårt förslag till definition ett åtkomlighetsmått.

Måttet tar hänsyn till såväl transportsystemets egenskaper som utbudens lokalisering, antal och innehåll. Transportsystemets inverkan bestämmes i hög grad av den avståndsfunktion som valts.

Flertalet använda avståndsfunktioner har t ex egenskapen att restidsförändringar vid långa absoluta restider får mycket liten inverkan.

Koenig (1975) föreslår att nyttofunktionen bör ha formen, log U_i. Härigenom kan man beakta, att ett visst tillskott av utbud får ett större värde, om man från början har en låg åtkomlighet än om man har en stor åtkomlighet.

I det mått på åtkomlighet som beskrivits ovan tas ej hänsyn till att attraktionen hos ett välbeläget utbud ofta minskar till följd av trängsel eller konkurrens. Hänsyn till detta kan tas genom att attraktionsmåtten, a, reduceras vid trängsel. Reduktionen kan ske genom den typ av utjämningsberäkningar som användes vid trafikmängdsberäkningar med gravitationsmodell.

Weibull (1975) föreslår en modifiering av åtkomlighetsmåttet för att ta hänsyn till trängseleffekterna. Han föreslår ett åtkomlighetsmått enligt följande:

$$S_i = \sum_j \frac{a_j \, f(d_{ij})}{B_j}$$

där $B_j = \sum_i f(d_{ji}) b_i$

b_i = mått på efterfrågan på det aktuella utbudet, t ex befolkningen i område "i"

Här reduceras alltså attraktionen av ett utbud, a_j, med den samlade efterfrågan, B_j. Ju större efterfråga som finns kring ett visst utbud, desto mindre attraktion får det.

Måttet har också egenskapen, att det ger områdets självförsörjningsgrad, d v s $\frac{a_i}{b_i}$, då endast det egna området beaktas och hela regionens självförsörjningsgrad, $\frac{A}{B}$, då alla områden summeras ($A = \sum_k a_k$, $B = \sum_k b_k$).

4.2.2 Explicit beskrivning av transportsystems standard, tillgänglighet

Flertalet standardbeskrivningsmodeller bygger på en beräkning av restid eller resuppoffring mellan par av punkter i den studerade regionen.

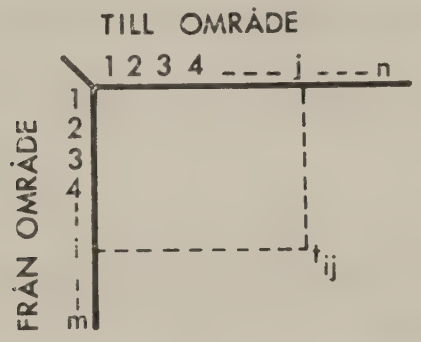
Med hjälp av modellen väges dessa restider samman till ett enda mått på transportstandarden för en punkt i sänder. Det sker sålunda en rumslig aggregering av standardmått för resor i olika riktningar. Det är det rumsligt aggregerade standardmåttet som här benämnes tillgänglighet.

Ofta låter man en punkt till eller från vilken man beräknat en restid även representera ett område kring punkten. Härigenom kan man med ett begränsat antal punkter täcka en hel region. (Osäkerheten i en sådan generalisering diskuteras i kapitel 6 och kriterier för områdesindelning i 4.7.)

Det finns dock en metod, utvecklad vid Kulturgeografiska institutionen i Lund, som istället arbetar med en given reskedja från en studerad punkt. Metoden ger sålunda ingen heltäckande bild av resstandardförhållandena i en punkt, utan användes för att testa standarden endast med avseende på den givna reskedjan från ett antal givna startpunkter. Avsikten med metoden är inte endast att beskriva transportstandardförhållanden, utan främst att studera möjligheterna för individer med varierande tidrestriktioner att deltaga i olika aktiviteter i samhället med hänsyn till aktiviteternas öppethållande och transportsystemets organisation. (Se vidare Lenntorp, 1975.)

De metoder som kommer att beskrivas nedan förmår behandla såväl ren restid som total resuppoffring. I fortsättningen kommer vi dock huvudsakligen endast att tala om restid.

För den fortsatta diskussionen kan det vara av pedagogiskt värde att vi tänker oss en matris med de olika områdena i regionen som rader och kolumner. Som element i matrisen lägger vi in restiderna mellan områdena.



Elementet t_{ij} är alltså restiden från område i till j.

I vissa fall kan det vara tillräckligt att beräkna och redovisa restider mellan ett begränsat antal viktiga punkter eller områden. Det kan t ex gälla restiden mellan tunga bostadsområden och utbud, en tätorts centrum eller en flygplats etc. Om vi återgår till matrisen, så betyder det, att vi fyllt ut vissa element. I det här fallet har vi alltså på förhand en uppfattning om vilka element som är intressanta och viktiga. Intresset kan antingen bottna i en misstanke om att de beräknade restiderna är speciellt långa eller också att det finns ett särskilt stort behov av att resa mellan de valda punkterna.

En något mera yttäckande beskrivning av restider får man genom att beräkna isokroner, d v s linjer som sammanbinder punkter med samma restid från en given punkt, se figur 4.1. I det fallet är endast en startpunkt given. Från denna givna punkt redovisas restider till alla andra punkter inom en viss region. I matrisen innebär den här framställningen att man fyllt ut en rad.

I det fallet har man på förhand bestämt sig för vilket eller vilka startområden man är särskilt intresserad av. Det är ofta fråga om centrum, ett sjukhus, en järnvägsstation etc. Om man tar ett visst

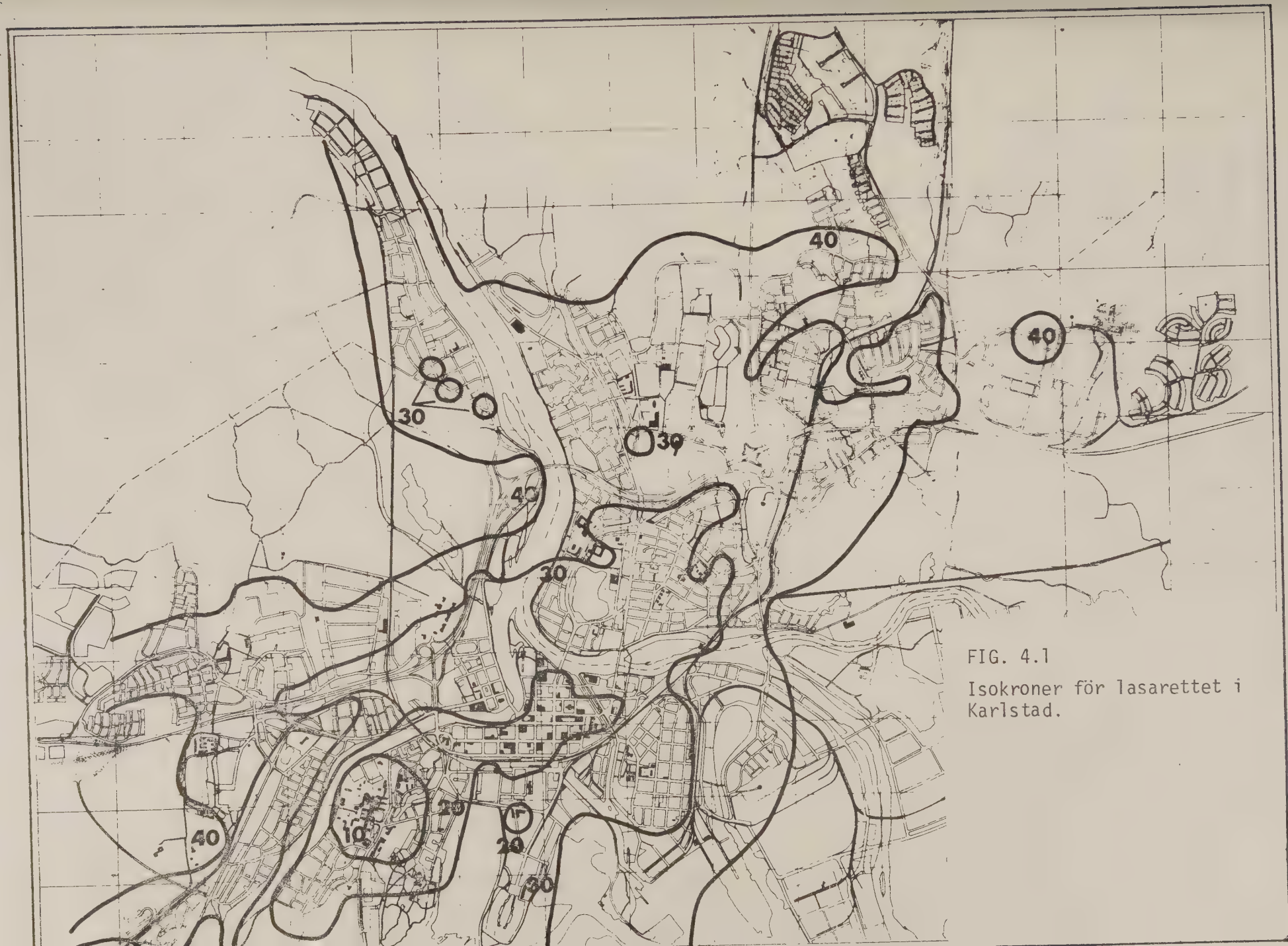


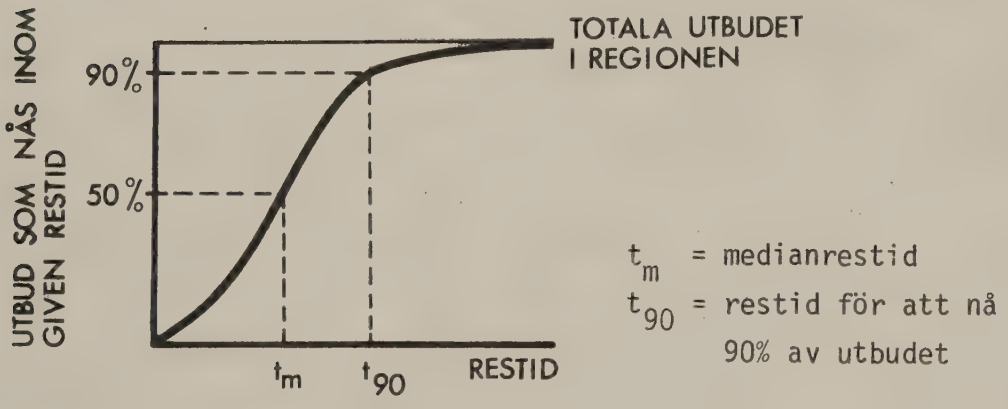
FIG. 4.1

Isokroner för lasarettet i Karlstad.

startområde som givet, kan man i det här fallet spåra otillfredsställande restider från detta. Däremot ger redovisningen normalt sett inga upplysningar om hur stora resbehoven är i olika riktningar.

En annan typ av grafisk redovisning av restidsmatrisen återfinnes i 5.1.

I en vidareföring av isokronmetoden tas även hänsyn till utbudet i de olika målområdena. Ur ett sådant material kan erhållas såväl åtkomlighetsmått som tillgänglighetsmått. Standarden kan sålunda antingen uttryckas som utbuden inom givna restider eller som restider för att nå givna delar av utbudet, se figur.



Tillgängligheten kan kvantifieras i form av t ex medianrestid - restid för att nå 50% av utbudet - eller 90-percentil - restid för att nå 90% av utbudet.

Restiden T_p för att nå p% av utbudet löses ur följande samband:

$$p = \frac{\sum_{t=o}^{T_p} n_t}{\sum_{t=o}^{T_{max}} n_t} \qquad (1)$$

där n_t = antalet utbud som nås vid restiden t

T_{max} = den längsta restid som förekommer i materialet

Det bör observeras, att den här redovisningen måste ske separat för varje område man är intresserad av. Det är därför svårt att få en helhetsuppfattning om förhållandena i en hel region. Metoden är därför lämpligast, då man har ett mindre antal områden, som man är speciellt intresserad av.

I metoden ligger också implicit, att alla utbud förutsättes ha samma värde oavsett storlek, kvalitet och avstånd från det studerade området.

Det sista steget mot en fullständigt yttäckande beskrivning av restidsförhållandena i en region består i att beräkna samtliga element i matrisen. För varje område beräknar man då restiderna till samtliga andra. Det är dessa tider som står i en rad. Tiderna i en kolumn avser restider från alla områden till det område som kolumnen avser.

Det skall observeras, att matrisen, när det gäller kollektivtrafik, ej alltid är symmetrisk.

En restidsmatris kan för vissa planeringsändamål användas direkt. Till skillnad från de tidigare redovisade metoderna kan man med hjälp av matrisen spåra områdesrelationer med extra långa restider eller stort antal byten (om man gjort en speciell matris över antalet byten) inom hela den studerade regionen.

Även för en medelstor svensk tätort blir dock en fullständig restidsmatris stor och svåröverskådlig. Med en sådan matris är det svårt att skapa sig någon total överblick över restidsförhållandena i en region. Man tvingas därför till att på olika sätt reducera och förenkla matrisen.

I stort sett kan ingen bearbetning av restidsmatrisen ske utan att man kommer in på frågan hur betydelsefulla de olika elementen i matrisen är, d v s hur betydelsefull är restiden mellan ett visst par av områden jämfört med ett annat par.

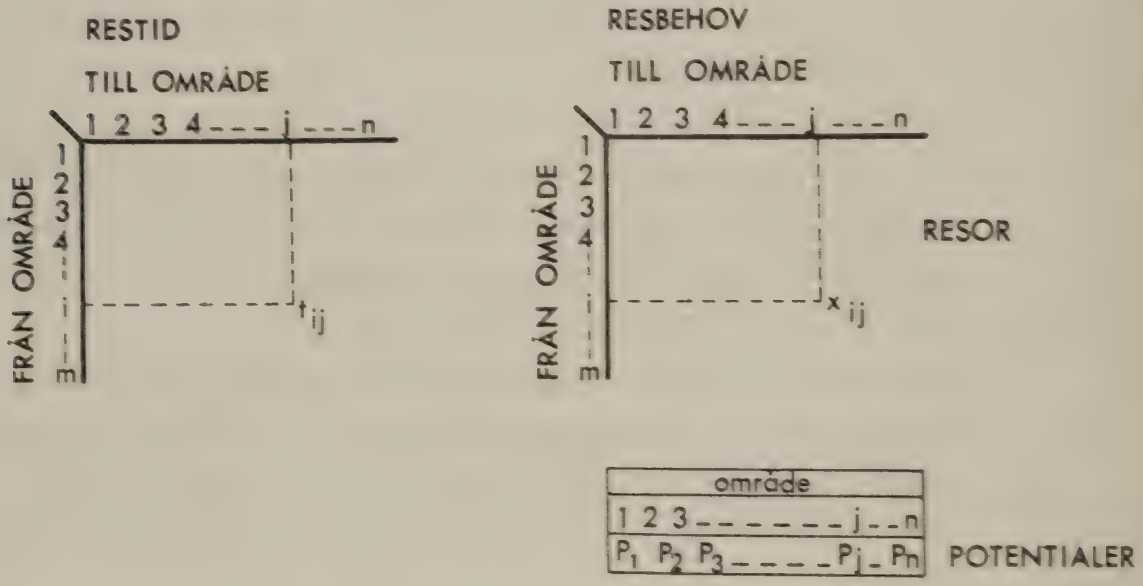
I det här sammanhanget skall varnas för att oreflekterat, direkt eller indirekt tilldela varje element i matrisen vikten ett. Den totala vikten på en viss yta i en region kommer då att bero av i hur många områden ytan delas. En yta, som från början består av ett område, får plötsligt dubbelt så stor vikt, om den delas i två områden.

Vid flertalet bearbetningar av restidsmatrisen krävs sålunda uppgifter om hur viktiga de olika elementen i matrisen är. Det är rimligt att

låta vikterna bestämmas av de resbehov (på något sätt definierade) som föreligger i de olika områdesrelationerna. Vi kommer i ett särskilt kapitel (4.6) nedan att diskutera hur dessa resbehov kan bestämmas i olika sammanhang.

Vid den fortsatta diskussionen förutsätter vi alltså att vi har en matris över restider och en över resbehov. Vi skall med utgångspunkt från dessa två matriser visa hur man kan ta fram tillgänglighetsbeskrivningar och tillgänglighetsmått dels för områden och dels totalt för en region.

I figuren nedan över ingångsdata för den fortsatta behandlingen antyds, att "resbehovet" antingen kan uttryckas som "resor", vilka är bundna både till start och mål eller också i form av potentialer, vilka endast är bundna till målområdet.



Om vi börjar med beräkningar och beskrivningar på områdesnivå, så kan vi genast konstatera, att vi redan behandlat två speciella typer av redovisningar, nämligen isokroner (här används endast restidsmatrisen) och vidareföringen av isokronredovisningen i form av redovisning av hur stort utbud som kan nås vid olika restider (när utnyttjas potentialer).

Om vi multiplicerar varje element i en viss rad i restidsmatriser med motsvarande element i resbehovsmatrisen, summerar produkterna för raden och slutligen dividerar med summan av resbehoven i raden, får man fram medelrestiden vid resor från ett område. Om resbehovet t ex avser resor

till arbetet, så kommer vi att få fram medelrestiden, T_i, till arbetet för dem som bor i området. Matematiskt kan operationen uttryckas:

$$T_i = \frac{\sum_j t_{ij} \cdot x_{ij}}{\sum_j x_{ij}} \qquad (2)$$

eller

$$T_i = \frac{\sum_j t_{ij} \cdot P_j}{\sum_j P_j}$$

Ofta beräknat restidsmatrisen med hjälp av en gravitationsmodell. Medelrestiden kan då tecknas:

$$T_i = \frac{\sum_j t_{ij} \cdot f(d_{ij}) \cdot a_j}{\sum_j f(d_{ij}) \cdot a_j} \qquad (3)$$

där $f(d_{ij})$ = en funktion av avståndet, restiden eller uppoffringen

a_j = attraktionen i område "j" med avseende på det aktuella resändamålet.

Det bör observeras att man i ekv (2) endast behöver känna det relativa antalet resor till olika områden och ej det absoluta antalet.

Om operationen enligt ekvation (2) utföres för kolumner, erhållet medelrestiden till ett område:

$$T_j = \frac{\sum_i t_{ij} \cdot x_{ij}}{\sum_i x_{ij}} \qquad (4)$$

Om gravitationsformeln skall användas för att beräkna antalet resor till ett område, måste man känna antalet genererade resor i varje område. Det är tillräckligt att känna den relativa storleken på antalet genererade resor för varje område. Vid användning av gravitationsmodellen kan medelrestiden vid resor till ett område beräknas enligt följande:

Först beräknas antalet resor, x_{ij}, från område "i" till område "j":

$$x_{ij} = G_i \frac{a_j \cdot f(d_{ij})}{\sum_j a_j \cdot f(d_{ij})} \qquad (5)$$

där G_i = antalet genererade resor i område "i".

Medelrestiden till område "j":

$$T_j = \frac{\sum_i t_{ij} \cdot G_i \cdot f(d_{ij})}{\sum_i G_i \cdot f(d_{ij})} \qquad (6)$$

Medelrestiden till ett område torde i första hand vara intressant för verksamheter i området - ett mått på hur lätt det är för kunder och personal att nå området.

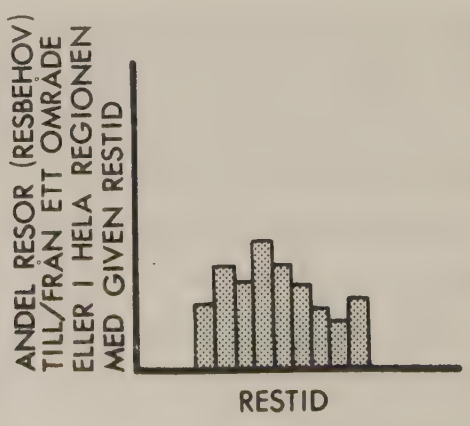
För samtliga resor inom en region kan medelrestiden beräknas enligt följande:

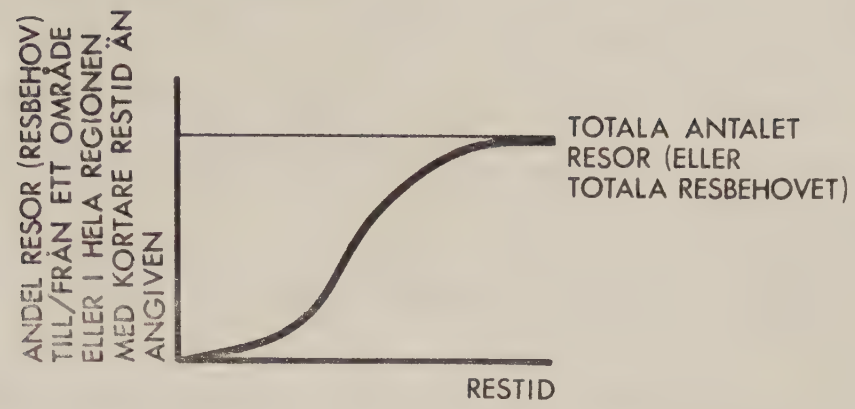
$$T = \frac{\sum_{ij} t_{ij} \cdot x_{ij}}{\sum_{ij} x_{ij}} \qquad (7)$$

När det gäller samtliga resor inom en region, torde det dock oftast vara mer intressantatt studera fördelningar än medelvärdet, se nedan.

Med hjälp av restids- och resbehovsmatriserna kan man redovisa fördelningen av restider vid resor från ett område (rad), vid resor till ett område (kolumn) och för samtliga resor i regionen. Olika fördelningsmått kan tas fram såsom median och t ex 90 percentil.

Redovisningen kan ske i form av histogram eller kumulativa diagram för ett eller flera områden eller för hela regionen:





Vid beräkning av medelrestider och fördelningar för resor från ett område behöver man endast känna de relativa resbehoven inom en rad i resbehovsmatrisen.

Vid beräkning av medelrestider och fördelningar för resor till ett område respektive för hela regionen måste man känna det relativa antalet resor mellan samtliga områden.

De tillgänglighetsmått som redovisats ovan är i första hand avsedda för analyser av transportsystem i en given samhällsstruktur. Måtten kan emellertid även användas för att analysera alternativa lokaliseringar av olika verksamheter.

I det senare fallet bör man dock observera, att måtten endast uttrycker uppoffringar i transportsystemet, ej nyttan av att kunna nå olika verksamheter. Härvidlag skiljer sig alltså det här tillgänglighetsmåttet från de åtkomlighetsmått som redovisats i 4.2.1 ovan. Om man sålunda tillför en verksamhet med låg tillgänglighet till en region, kan den genomsnittliga tillgängligheten minska, trots att den nytillkomna verksamheten kanske ger ett positivt nettotillskott till den totala nyttan.

Så länge summan av antalet verksamheter är konstant, kan alternativa lägen studeras med hjälp av tillgänglighetsmåtten utan att några problem uppstår.

4.3 Särskiljande av resändamål

Resstandarden varierar av flera anledningar mellan olika resändamål. De viktigaste orsakerna är:

- Resor med olika ändamål har varierande geografisk fördelning.
- Resor med olika ändamål utföres vid olika tidpunkter under dygnet och veckan.
- Betydelsen av de olika standardkomponenterna varierar med resändamålet (se 2.2 ovan).

Eftersom resstandarden av ovannämnda skäl kan variera väsentligt mellan olika resändamål, kan det finnas anledning att beräkna och redovisa standarden separat för olika resändamål.

En annan viktig anledning till en sådan separatredovisning är, att olika befolkningsgruppers resbehov fördelar sig olika på resändamål. Vissa resändamål kan också av en eller annan anledning anses viktigare än andra. Man kanske anser, att det är mera väsentligt att kunna nå sjuk- och hälsovårdsutbud än att kunna nå olika typer av rekreationsutbud såsom bio etc.

Om resändamål, som anses ha väsentligt olika betydelse, samlas i en gemensam grupp, kan en god standard för de mindre väsentliga resorna dölja en bristfällig standard för de viktigare resorna.

Med beaktande av ovan redovisade synpunkter föreslås följande indelning i resändamål:

1. Arbetsresor
1.1 Förvärvsarbete
1.2 Utbildning
2. Inköp och service
3. Sjuk- och hälsovård
4. Besök av myndigheter och institutioner
5. Rekreationsresor (exklusive besöksresor)
6. Besöksresor (besök av vänner i deras bostad)
7. Övriga resor.

Denna indelning torde för praktiskt bruk oftast vara alltför fin. Man får problem vid redovisningen och utvärderingen av ett så stort antal standardmått. Genom att göra avkall på vissa av de ovan redovisade kraven på en indelning kan följande grupper erhållas:

1. Arbetsresor
2. Inköpsresor
3. Serviceresor (sjuk- och hälsovård, besök av myndigheter och institutioner)
4. Besöks- och rekreationsresor.

Givetvis kan även mellanting mellan de två indelningarna användas. Ofta kanske man nöjer sig med att beräkna standarden för någon eller några av resändamålen, som är speciellt intressanta för det syfte man har med standardanalysen.

Indelningen i resändamålsgrupper bestämmes i praktiken också i hög grad av tillgången på uppgifter om resbehov. Om resbehoven beräknats för en viss resändamålsindelning, blir denna styrande även vid beräkningen av standardmått.

Om resbehoven bestämts genom resvaneundersökning eller med hjälp av en trafikmängdsberäkningsmodell, innebär det inga speciella problem att beräkna standardmått för resändamålsgrupper. Om däremot resbehovet bestämmes med hjälp av potentialmått, kan det innebära vissa problem att redovisa standarden för resändamålsgrupper.

Sådana problem uppstår, om de potentialmått som står till förfogande, ej täcker alla de olika delresändamål som ingår i den resändamålsgrupp för vilken standardmått skall redovisas. När det gäller arbetsresor är det t ex inga problem, eftersom antalet arbetsplatser fungerar som ett bra potentialmått för hela gruppen.Om vi däremot tittar på grupper som besöks- och rekreationsresor, kan vi inte finna ett potentialmått, som ensamt täcker alla typer av resor inom gruppen.

Ett standardmått för en sådan resändamålsgrupp kan beräknas som en vägd summa av standardmått för delresändamålen. I fallet besöks- och rekreationsresor beräknas t ex standardmått för besöksresor med befolkningen i varje område som potential, resor till biografer och teatrar med antalet biografer och teatrar som potentialer etc. Som vikt vid sammanvägningen av de olika delstandardmåtten användes generella data om resfrekvensen vid olika delresändamål. Sådana resfrekvenser redovisas t ex i Friberg och Holmberg (1974).

Matematiskt kan beräkningen tecknas enligt följande:

$$T_{TOT} = \frac{\sum_x f_x \cdot T_x}{\sum f_x}$$

där T_x = medelrestid för delresändamålet "x"

f_x = resfrekvensen (medel för dag eller år) för delresändamålet "x"

Ett alternativ till att väga samman tillgänglighetsmåtten är att först väga samman potentialmåtten och därefter beräkna tillgänglighetsmåttet med hjälp av de vägda potentialerna.

Den här beskrivna metoden för beräkning av standardmått genom vägning med generella resfrekvenser innebär en grov approximation, eftersom de resfrekvenser som användes i allmänhet måste hämtas från en annan region än den som studeras. Det är därför inte säkert att de är representativa för den region som studeras.

4.4 Särskiljande av befolkningsgrupper

Olika befolkningsgrupper i samhället upplever standarden i ett transportsystem på olika sätt beroende på att de har olika resurser med avseende på förflyttningsmöjligheter och varierande resbehov.

Följande typer av resurser kan vara relevanta:

- Tillgång till bil
- Ekonomiska resurser
- Fysiska och mentala resurser.

Hur tillgången till bil påverkar standarden belyses genom att standarden beräknas både för bil och kollektivt färdmedel.

De ekonomiska resurserna påverkar möjligheterna att skaffa bil, men kan också påverka det antal resor som kan genomföras. Den första aspekten har redan berörts och den andra kan ej behandlas genom de standardmått som beskrivits här.

Varierande fysiska resurser och i någon mån även mentala kan beaktas genom att ansätta olika vikter på standardkomponenterna. Som nämnts i kapitel 2.2 ovan, torde t ex vikten på gångtid vara högre för äldre människor.

För närvarande föreligger dock ej kvantifierade vikter för olika befolkningsgrupper. När det gäller fysiska och mentala resurser, kan hänsyn till olika befolkningsgrupper därför endast tas genom känslighetsanalyser, där vikter ansättes normativt.

Med ledning av kvalitativa uppgifter som t ex lämnats i kapitel 2.2 och i de där refererade källorna ansättes vikter och beräknas staddardmått. De så erhållna standardmåtten för olika grupper jämföres för att ge en viss ledning om standardskillnader mellan grupper.

När det gäller skillnader i behov mellan olika grupper, har vi här endast funnit det meningsfullt att behandla resbehov. Resbehoven kan variera i fråga om antal och måltyp, d v s resändamål. Skillnader i fråga om antal resor kan, som tidigare nämnts, ej inrymmas i de standardmått som behandlas här. Skillnader i fråga om resändamål beaktas genom att standarden för olika resändamål redovisas.

Behandling av olika befolkningsgruppers varierande resurser och behov kan sammanfattas i tabellen nedan.

Variationer i fråga om:	Beaktas genom att:
Resurser	
tillgång till bil	standard redovisas för bil och kollektivt färdmedel
ekonomiska	beaktas endast i den utsträckning de påverkar tillgången till bil
fysiska och mentala	varierande vikter på de olika standardkomponenterna - känslighetsanalys
Resbehov	
kvantitet	beaktas ej
resändamål	standard redovisas för olika resändamål.

Utvärderingen av olika befolkningsgruppers transportstandard kan som antytts ovan ske genom att utgå från separat redovisade standardmått för olika färdmedel, med varierande vikter på standardkomponenterna och för varierande resändamål. Om man känner de olika gruppernas tillgång till olika färdmedel, deras fysiska och mentala resurser samt hur deras resbehov fördelar sig på olika resändamål, kan man sluta sig till vilken total standard de får. Den slutliga sammanvägningen sker i det här fallet subjektivt.

Ett alternativ till denna metod är att för de befolkningsgrupper man är intresserad av ansätta vikter på standardkomponenterna och en fördelning på resändamål. Man kan då beräkna ett standardmått för varje grupp för varje färdmedel. (Eventuellt kan man även antaga en färdmedelsfördelning för varje grupp. Man får då endast ett standardmått för varje grupp.) Man har då förenklat utvärderingen betydligt. Å andra sidan innebär det en risk att redovisa ett mått som bygger på en sammanvägning grundad på så osäkert underlagsmaterial.

4.5 Beräkning av restid och resuppoffring i kollektivtrafiknät

Det finns två principiellt olika metoder att beräkna restider i tidtabellsbundna kollektivtrafiksystem.

Den ena metoden, som här i fortsättningen kallas absoluttidmetoden, arbetar i absolut tid. Den utgår från linjernas tidtabeller. Åktiden längs en linje erhålles enkelt genom subtraktion av tidtabellsvärden. Även väntetider vid byten erhålles genom subtraktion av värden från tidtabeller för de linjer mellan vilka bytet sker.

Om man känner den exakta starttidpunkten för en resa, kan man även enkelt beräkna väntetiden vid start och eventuell dold väntetid vid mål. Om man har flera linjer att välja mellan, kan man också bestämma vilken linje som snabbast eller med minst uppoffring leder till målet.

Om man däremot inte känner den exakta starttidpunkten eller man önskar få ett medelvärde för en tidsperiod, måste restidsberäkningarna genomföras för ett flertal tidpunkter inom den aktuella tidsperioden. Med hjälp av ett flertal sådana beräkningar kan medelvärde och spridning beräknas.

Den andra metoden, som i fortsättningen kallas medelvärdesmetoden, arbetar ej i absolut tid. Den utgår från körtider mellan hållplatser och genomsnittliga intervall mellan bussar på varje linje. Man har inga uppgifter om intervallen mellan ankomster av bussar på olika linjer till en viss hållplats. Man vet alltså inte, om bussarna på olika linjer ankommer samtidigt till en hållplats eller om de ligger jämnt fördelade i tiden. För att kunna beräkna väntetider och beläggningen på olika linjer måste man göra antaganden härom.

Även i den här metoden, medelvärdesmetoden, är det enkelt att beräkna åktiderna. Däremot är det mera komplicerat att beräkna väntetider och bytestider. Väntetiderna beräknas som medelvärden för längre

tidsperioder. Vid väntetidsberäkningen utgår man från den totala frekvensen av bussar på linjer, som leder till målet med eller utan byte. Dock beaktas endast sådana förbindelser, vars totala restid (eller uppoffring) ej avviker alltför mycket från den snabbaste (eller den med minst uppoffring) förbindelsen. För en mera detaljerad beskrivning av beräkningsmetodiken hänvisas till Grufman et al (1975).

Resuppoffringen beräknas enligt metod som anges i 4.5.1 nedan.

Vid restidsberäkningar för bussnät i tätorter dominerar medelvärdesmetoden helt. Detta torde i första hand ha sin förklaring i att denna metod utvecklats ur de restidsberäkningsprogram som sedan länge funnits för biltrafik.

För landsbygdstrafik är medelvärdesmetoden oftast olämplig främst till följd av att turintervallen är långa och varierar kraftigt, att tidtabellernas anpassning till resbehoven inte kan försummas och att tidtabellerna ofta är utformade så att bytestider minimeras.

Fördelarna med absoluttidmetoden är främst, att den förmår beräkna väntetider och bytestider med hög noggrannhet, om resans starttidpunkt är känd. Om resans starttidpunkt inte är känd, erfordras dock ett relativt omfattande beräkningsarbete för att få fram ett medelvärde på väntetiderna. Å andra sidan får man då också uppgift om spridningen på restiden, vilket medelvärdesmetoden inte ger.

Absoluttidmetoden ger också underlag för en rättvisande fördelning av passagerare på linjer, om flera linjer är möjliga att välja mellan start och mål. För att kunna göra en sådan fördelning måste man nämligen känna de relativa avgångstidpunkterna från en hållplats för bussar på olika linjer. Absoluttidmetoden kan i motsats till medelvärdemetoden även användas för att utforma tidtabeller så att bytestiderna minimeras.

Den största nackdelen med absoluttidmetoden är, att den kräver en stor mängd ingångsdata och därmed mycket kodningsarbete.

De främsta fördelarna med medelvärdesmetoden är att den direkt ger medelrestider, som är representativa för en längre tidsperiod.

Nackdelarna är, att väntetider och bytestider ej kan bestämmas med någon större noggrannhet. Detta gäller främst då turintervallen är långa, över 10 minuter. Metoden bör ej användas för fördelning av passagerare på linjer, om kraven på noggrannhet är höga. Eftersom

tidtabeller ej ingår som input till metoden, kan den naturligtvis ej användas vid utformningen av tidtabeller.

4.5.1 Beräkning av resuppoffring genom sammanvägning av restidskomponenter

Ett vanligt sätt att beräkna den totala resuppoffringen är att utgå från restidens olika delar, gångtid, väntetid och åktid och multiplicera dessa med vikter som avspeglar bekvämligheten under respektive tider. Vikterna kan betraktas som tidskostnader för de olika deltiderna. Matematiskt kan detta uttryckas enligt följande (se även 3.1.2 ovan):

$$C = a_0 f_g(t_g) + a_1 f_v(t_v) + a_2 f_b(t_b) + a_3 f_{å}(t_{å}) + a_4 n_b$$

där

C = den totala uppoffringen förknippad med en viss resa

a_i = vikter på de olika uppoffringskomponenterna, gång-, väntetid etc.

$f_i(t_i)$ = en funktion som uttrycker den upplevda uppoffringen av tidskomponenten "i"

n_b = antalet byten.

I det här fallet har vi antagit, att det finns en egenskap hos bytet, som ej kan uttryckas genom enbart bytestiden. Denna komponent antages kunna adderas direkt till funktionen. I vissa fall beskrives bekvämligheten på olika färdmedel med en liknande konstant. I andra fall sker hänsynstagande till den varierande bekvämligheten hos olika färdmedel i konstanten för åktiden (här a_3).

Normalt antages att det föreligger ett lineärt samband mellan den upplevda uppoffringen av tid och den uppmätta tiden. Det förekommer emellertid också att man antar logaritm- eller potenssamband.

Metoder att bestämma vikterna, a, har diskuterats i kapitel 3.1.2. ovan.

Vikterna varierar för olika grupper av resenärer och resändamål. Äldre människor tycker t ex i allmänhet det är mera ansträngade att gå än vad yngre gör. De äldre lägger därför en högre vikt på gångtiden än yngre. Väntetiden har oftast en högre vikt vid arbetsresor än vid serviceresor etc (se vidare 2.2 ovan).

Det föreligger mycket få kvantitativa uppgifter om vikter differentierade på olika befolkningsgrupper och resändamål. Om man önskar belysa hur resstandarden varierar för olika grupper och resändamål, kan detta därför i huvudsak endast ske som känslighetsanalyser, d v s man ansätter normativt valda vikter och studerar hur resultaten beror av de valda vikterna.

Eftersom vikterna avspeglar bekvämligheten, beror de också av de förhållanden som råder under resans olika delar. Goda bytesförhållanden ger t ex en låg vikt på bytestiden, trängsel och små möjligheter att få sittplats leder till hög vikt på åktiden etc.

Det skall också observeras att vikter som bestämts med hjälp av matematiskt uttryckta beteendemodeller i hög grad är präglade av modellernas uppbyggnad, ingående parametrar och på det dataunderlag på vilket modellerna kalibrerats.

4.6 Uppskattning av resbehov

Vid flertalet tillgänglighetsstudier krävs, antingen vid beräkningen av tillgänglighetsmåtten eller vid utvärderingen av dem, någon form av uppgifter om resbehov. Vi har med avsikt använt det något oprecisa ordet resbehov för att understryka, att det kan röra sig om olika mått beroende på ändamålet med tillgänglighetsstudien.

Till en början kan vi skilja mellan realiserade resbehov, d v s verkliga resor i ett visst transportsystem och ej realiserade, potentiella resbehov. Orsaken till att ett potentiellt resbehov ej realiseras kan vara, att standarden i transportsystemet är för låg eller att kostnaden för att utnyttja det är för hög.

En låg resstandard kan vara följden av antingen lång restid eller låg bekvämlighet och säkerhet.

Det verkliga resandet är relevant som underlag för tillgänglighetsberäkningarna, om man vill beskriva standarden för dem som reser i systemet. De verkliga resmängderna kan man få fram på några olika sätt:

- Resvaneundersökningar
- Folk- och bostadsräkningen (gäller endast arbetsresor)
- Beräkning med hjälp av modell

Den bästa uppskattningen av dagens resande får man genom resvaneundersökningar. Dessa är emellertid dyra och komplicerade att genomföra.

När det gäller tillgänglighetsbeskrivningar, är kraven på exakta resmängder inte så stora som i många andra transportanalyssammanhang. Man torde därför ofta kunna nöja sig med att använda en modell som kalibreras på dagens förhållanden med en mindre, billigare resvaneundersökning. Om man endast är intresserad av bostads-arbetsresor, kan resmängdsuppgifter erhållas ur folk- och bostadsräkningen.

I många sammanhang är det ej möjligt att använda sig av verkliga resmängder. Detta gäller t ex då man vill studera alternativa transportsystem eller en annan samhällsstruktur. Det kan vara fråga om ett annat linjenät, en ny linje, en annan taxa, förändrad lokalisering av någon verksamhet etc. I en framtida situation känner man naturligtvis inte heller de verkliga resmängderna.

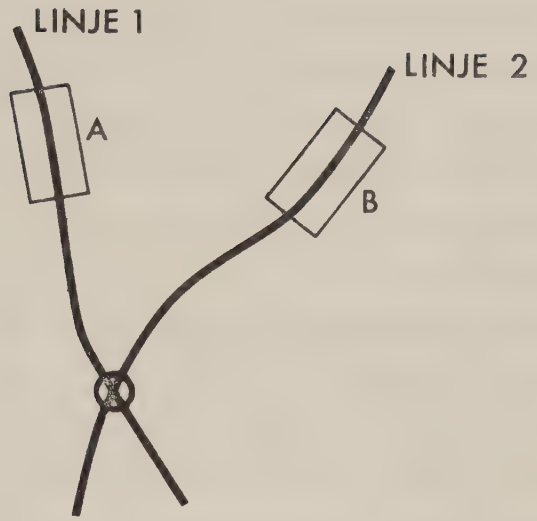
I sådana här situationer kan man uppskatta de sannolika resmängderna med hjälp av trafikmodeller, som beskriver trafikanternas val av färdväg och färdmedel på grundval av tidigare studier av trafikanters beteenden.

Genom att medvetet välja parametrar i modellerna kan vi också få fram vissa potentiella resbehov. Om vi t ex sätter taxan till noll, så får vi fram det potentiella resbehov som ej realiserats på grund av en för hög reskostnad (förutsatt att underlaget för kalibreringen av modellen är sådant att det tillåter detta).

Om vi önskar använda tillgänglighetsmått för att spåra resrelationer med otillfredsställande standard, kan konstruktionen av måtten innebära vissa problem om verkliga resmängder användes.

Vi skall visa ett exempel på ett fall, där sådana problem uppstår.

Antag att vi har två ytterområden i en tätort. Områdena ligger nära varandra, men har förbindelse med varandra endast via två radiella busslinjer, se figur nedan. Område A är ett tungt bostadsområde och B ett viktigt arbetsplatsområde.



Det verkliga resandet med buss mellan två sådana områden är troligen relativt litet, om man jämför med andra liknande områden med en direkt, snabb förbindelse.

Användes en trafikmängdsberäkningsmodell med de verkliga bussrestiderna, erhålles också små resmängder mellan områdena.

Om vi vill beskriva standarden för de resenärer som åker buss, är det naturligtvis riktigt att använda de verkliga eller prognosticerade resmängderna som vikt vid beräkningar av tillgänglighetsmåtten. Men om vi med hjälp av tillgänglighetsmodellen vill kunna spåra resrelationer, där man har ett stort potentiellt resbehov och en dålig resstandard, så kan vi inte använda verkliga resmängder som vikt vid tillgänglighetsberäkningarna. Orsaken härtill är, att de verkliga resmängderna är små, vilket medför att den vikt vi tilldelar restiden mellan A och B blir liten. Den långa restiden kommer därför inte att slå igenom varken i medelrestiden eller i något annat fördelningsmått för områdena A eller B.

Man måste då finna något mått på det potentiella resbehovet med buss. Det finns några olika möjligheter att uppskatta detta.

Man kan använda det totala resandet mellan områdena, d v s antalet resor med samtliga färdmedel inklusive gång. Även om resandet med samtliga färdmedel användes, får man en viss underskattning av det potentiella resbehovet mellan områdena.

Detta gäller i synnerhet om busstrafiken normalt tar en inte oväsentlig andel av resorna och om avståndet överstiger bekvämt gångavstånd.

Ett annat sätt att uppskatta det potentiella resbehovet är att använda potentialmått av typen antal arbetsplatser, bostäder, serviceutbud etc. Sådana potentialmått ger ett resbehov som är oberoende av transportsystemet och även av avståndet mellan områdena. Sådana resbehovsmått kan vara intressanta, om man vill testa målsättningar av typen: Alla arbetstagare skall kunna nå vilken arbetsplats som helst inom en viss restid.

Ett annat intressant resbehovsmått får man, om man kompletterar potentialmåttet enligt ovan med en avståndsfunktion. Man förutsätter alltså då, att av två likvärdiga utbud väljes det som kräver minst uppoffring att nå. Om avståndsfunktionen baseras på fågelvägsavstånd, får man ett resbehovsmått som ej beror av transportsystemet, men däremot av utbudens attraktion (antal och typ) och lokalisering.

Sammanfattningsvis kan konstateras, att valet av resbehovsmått som skall ingå i tillgänglighetsberäkningarna måste göras med hänsyn till syftet med tillgänglighetsbeskrivningarna.

4.7 Områdesindelning

Såväl beräkning som redovisning av standardmått sker oftast för områden.

Valet av områdesstorlek och avgränsning bestämmes med hänsyn till följande faktorer:

1. Antalet områden får ej vara större än att man kan få en överblick över standarden och dess variation i den studerade regionen. Antalet områden påverkar också kostnaderna för att hantera materialet. Eventuellt kan ett antal mindre områden aggregeras före redovisningen. Man får då en mera överskådlig redovisning och har möjlighet att i efterhand göra en mera detaljerad studie av ett litet antal utvalda områden.

2. Områdenas storlek och avgränsning bestämmes av att spridningen i standard inom områdena ej får vara för stor. De individer som bor inom ett område bör t ex inom ett visst maximalt gångavstånd ha tillgång till samma linjer. Detta krav har visat sig ställa till stora problem och ofta resulterat i att områden med ur andra synpunkter lämplig storlek måste delas. I kapitel 4.6, känslighetsanalyser, belyses de här problemen mera ingående.

3. Avgränsningen av områdena bör i största möjliga utsträckning överensstämma med statistikområdesindelningen. Med statistikområdena

som bas finns redovisat ett antal uppgifter av intresse i det här sammanhanget. Exempel på sådana data är: nattbefolkning, fördelad på ålder och civilstånd; förvärvs- och inkomstförhållanden; resor till och från arbete, fördelade på färdmedel; bilinnehav; arbetsplatser etc.

4. Områdena bör vara bebyggelse- och funktionsmässigt homogena. Enfamiljs- och flerfamiljsbebyggelse bör om möjligt skiljas åt, eftersom de ofta har olika restal, biltäthet och inkomstförhållanden. Likaså bör arbetsplatsområden skiljas från bostadsområden. Statistikområdesindelningen är i allmänhet gjord så att de här förhållandena beaktas.

5. Områden av speciellt intresse avskiljes. Det kan gälla områden, där man planerar utbyggnad för något speciellt ändamål för vilket goda kollektiva kommunikationer är av stor betydelse, såsom skolor med högre undervisning, samlingslokaler etc. Det kan också gälla områden, som av annan anledning är av särskilt politiskt intresse.

6. Om resultaten från standardanalyserna skall jämföras med andra analyser redovisade på områdesnivå, bör områdesindelningarna i största möjliga utsträckning överensstämma.
   Detta kan ske antingen genom att de två områdesindelningarna sammanfaller eller genom att den ena indelningen genom en aggregering kan fås att överensstämma med den andra.

Beträffande problem vid områdesindelning, se även Bexelius et al (1969).

4.8 Sammanfattning av de redovisade metoderna för standardbeskrivning

Utvecklingsarbetet vid Nordplan har varit inriktat på sådana modeller som beskriver tillgänglighet med hjälp av restider viktade med resbehov. I kapitel 5 finns dock några exempel även på åtkomlighetsbeskrivning.

4.8.1 Åtkomlighet

Åtkomlighet beskriver tillgången på utbud av olika typ såsom arbetsplatser, service etc. Restid (uppoffring) behandlas implicit. Beskrivningen kan ske utan hänsyn till efterfrågan - potentiell åtkomlighet - eller med hänsyn till efterfrågan - efterfrågerelaterad. Den senare kan också uppfattas som nyttan av tillgängliga utbud.

A. Potentiell åtkomlighet

Man anger här hur stort utbud, U_i, som kan nås inom givna restider från en punkt eller ett område:

$$U_i = \sum_{t<T} n_t \qquad (1)$$

där n_t = antalet utbud som kan nås vid restiden t

T = given restid

B. Efterfrågerelaterad åtkomlighet

I den efterfrågerelaterade åtkomligheten tas hänsyn till efterfrågan på utbuden. Detta sker genom att man antar att efterfrågan avtar med ökat avstånd enligt någon funktion. Även utbudets attraktion kan tas hänsyn till.
Slutligen kan konkurrensen om utbudet beaktas.

Som nämnts ovan kan den efterfrågerelaterade åtkomligheten betraktas som nyttan av utbuden, om man befinner sig i ett visst område eller en viss punkt.

Åtkomlighet utan hänsyn till trängsel:

$$U_i = \sum_j a_j \cdot f(d_{ij}) \qquad (2)$$

där a_j = ett mått på utbudets nytta eller attraktion

d_{ij} = avstånd, restid eller uppoffring till utbudet från det betraktade området

f = en funktion som beskriver hur efterfrågan avtar med avståndet.

Åtkomlighet med hänsyn till trängsel:

$$U_i = \sum_j \frac{a_j \cdot f(d_{ij})}{B_j} \qquad (3)$$

där $B_j = \sum_i f(d_{ji}) \cdot b_i$

b_i = mått på efterfrågan i område "i" på utbudet a_j, t ex befolkningen i område "i"

B_j kommer att bli ett mått på den samlade efterfrågan på utbudet a_j. Härigenom kan hänsyn tas till konkurrensen om ett visst utbud.

4.8.2 Tillgänglighet

Tillgängligheten beskriver restid eller resuppoffring till givna målpunkter eller utbud. Restiden (resuppoffringen) redovisas explicit, medan utbuden endast behandlas implicit.

A. Restid, T_p, för att nå en viss del av ett utbud

Den här typen av tillgänglighetsmått är nära förknippat med den potentiella åtkomligheten, d v s utbud som nås vid en given restid.

Restiden, T_p, beräknas ur uttrycket:

$$p = \frac{\sum_{t=o}^{T_p} n_t}{\sum_{t=o}^{T_{max}} n_t} \qquad (4)$$

där n_t = utbud vid restiden t

T_{max} = den längsta förekommande restiden inom det betraktade området

p = andelen utbud som nås inom restiden T_p

B. Restider viktade med resbehov

Det är den här typen av tillgänglighetsmått som i första hand har behandlats vid Nordplan och som utnyttjas i de exempel som redovisas i kapitel 5.

Med hjälp av restider viktade med resbehov kan tillgängligheten redovisas för valfria områden eller en hel region, för alla resor eller valfria resändamål.

Tillgänglighetsmåttet kan uttryckas som medelvärde. Man kan också redovisa fördelningar i form av stapeldiagram och summapolygon eller beräkna percentilvärden.

Medelrestid, T_i, <u>från</u> ett område:

a) resbehov uttryckt som antal resor

$$T_i = \frac{\sum_j t_{ij} \cdot x_{ij}}{\sum_j x_{ij}} \qquad (5)$$

där t_{ij} = restid (uppoffring) vid resa från område i till j

x_{ij} = mått på antalet resor mellan i och j.

Detta mått behöver ej ange det absoluta antalet resor. Det räcker med att det är proportionellt mot absolutantalet.

b) resbehov uttryckt som potential

$$T_i = \frac{\sum_j t_{ij} \cdot P_j}{\sum_j P_j} \qquad (6)$$

där P_j = potentialen i område j, t ex antal arbetsplatser, boende etc.

Medelrestid, T_i, <u>till</u> ett område:

a) resbehov uttryckt som antalet resor

$$T_i = \frac{\sum_j t_{ji} \cdot x_{ji}}{\sum_j x_{ji}} \qquad (7)$$

där t_{ji} = restid (uppoffring) vid resan från j till i

x_{ji} = mått på antalet resor mellan j och i.

b) resbehov beräknat med hjälp av en gravitationsmodell

$$T_i = \frac{\sum_j t_{ji} \cdot G_j \cdot f(d_{ji})}{\sum_j G_j \cdot f(d_{ji})} \qquad (8)$$

där G_j = mått på antalet genererade resor i område j. Detta mått behöver ej ange det absoluta antalet resor. Det räcker med att det är proportionellt mot absolutantalet.

$f(d_{ji})$ = en funktion av restiden (uppoffringen) mellan område j och i.

Medelrestid, T, för en region

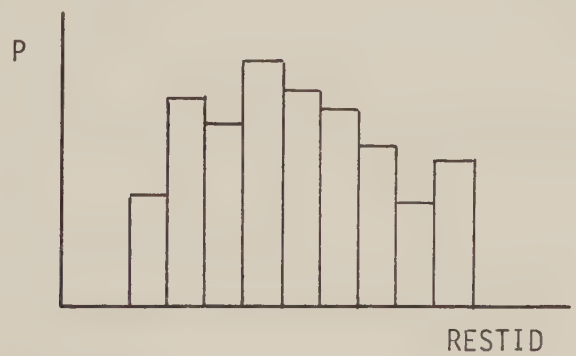
$$T = \frac{\sum_{ij} t_{ij} \cdot x_{ij}}{\sum_{ij} x_{ij}} \qquad (9)$$

Fördelningar av restider och medelrestider

I exemplen i kapitel 5 förekommer ett flertal olika typer av grafisk redovisning av fördelningar såväl i form av stapeldiagram som summapolygoner.

A. Fördelning av restider i enskilda relationer

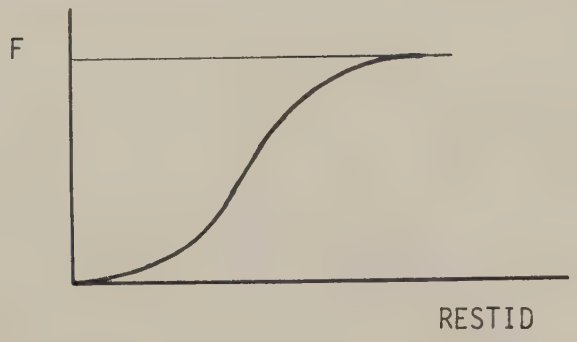
Stapeldiagram



P är proportionellt mot absoluta antalet resor eller relativa antalet resor inom olika restidsintervall.

P kan avse antalet resor till eller från valfritt område eller totala antalet resor i en region.

Summapolygon



$$F = \sum_{t<T} x_t$$

x_t = kan vara absoluta antalet resor eller andelen av det totala antalet med restiden t.

$\sum_{t<T_{max}} x_t$ kan alltså vara lika med 1 eller lika med totala antalet resor.

B. Fördelning av områdens medelrestider

Medelrestiderna för områden inom en region beräknade enligt ekvationerna (5)-(8) ovan kan redovisas på samma sätt som restider i enskilda relationer enligt ovan. Det bör observeras att eftersom det totala antalet resor till och från områdena varierar kommer diagrammen i det här fallet ej att visa de enskilda resornas fördelning på restid.

Storleken P avser här antalet områden med medelrestid inom givna restidsintervall och x_t antalet områden med restiden t.

5 TILLÄMPNINGAR AV STANDARDBESKRIVNINGSMODELLER

Avsikten med exemplen i det här kapitlet är i första hand att visa, hur olika standardbeskrivningsmetoder kan användas för att studera ett antal i trafikplaneringssammanhang intressanta frågeställningar.

De problem och förbättringsalternativ på vilka metoderna tillämpats, är ofta kraftigt förenklade i avsikt att reducera de erforderliga arbetsinsatserna, för att metodernas principer lättare skall framgå och för att underlätta framställningen.

Avsikten har sålunda ej varit att lösa specifika problem i de orter, där tillämpningarna genomförts. Däremot har vissa generella kunskaper om standardförhållanden inom tätorter och för olika transportutformningar eftersträvats.

Exemplen avser såväl analys av problem i befintliga transportsystem som utvärdering av alternativ.

Följande problem har behandlats:

1. Identifiering av resrelationer med otillfredställande resstandard
2. Tillgänglighetens variation mellan områden inom en ort
3. Tillgänglighet vid olika resändamål
4. Resstandard för äldre och yngre personer
5. Tillgängligheten vid alternativa, hypotetiska lokaliseringar av arbetsplatser och bostäder
6. Jämförelse av tillgängligheten med buss och bil
7. Förändringar av tillgängligheten vid förbättringar av befintligt bussystem

7.1 Införande av en expressbusslinje

7.2 Införande av två expresslinjer samt kraftig höjning av turtätheten på befintliga linjer

8. Jämförelse av parametrarna restid och resuppoffring som mått på standard samt exempel på metoder att redovisa resuppoffring
9. Jämförelse av tillgängligheten mellan ett konventionellt, linje- och tidtabellsbundet bussystem samt taxibuss

Exemplen 1-8 är tillämpade i Karlstad och 9 i Linköping.

De olika tillgänglighetsbeskrivningsmetoderna kompletterar ofta varandra. En metod är mest lämpad att identifiera problem på en översiktlig nivå, en annan att klara ut vilka resrelationer som ger upphov till dålig tillgänglighet för ett område, etc.

I huvudparten av exemplen har endast parametern restid behandlats. De redovisade metoderna skulle emellertid på helt analogt sätt kunna användas för att redovisa resuppoffring i form av en vägd summa av delrestider (se 4.5.1 ovan).

Som ett speciellt exempel (5.8) har vi studerat hur rangordningen av områden påverkas av om restid respektive resuppoffring väljes som parameter vid standardbeskrivningen. I samma exempel har även redovisats en metod att beskriva resuppoffringen genom att separatredovisa olika standardaspekter.

Exemplen (med undantag för 9) är hämtade ur Holmberg och Lippoy (1975), där ytterligare exempel redovisas.

5.1 Identifiering av resrelationer med otillfredsställande restider

Att identifiera resrelationer med otillfredsställande standard torde vara en av de första analyser som utföres vid studier av möjliga förbättringar i ett linjenät. Åtminstone i mindre orter har man nog en relativt god kännedom om var dessa relationer finns. Där torde det därför i allmänhet inte fordras några mera ingående analyser för att indentifiera dem. Däremot har man behov av någon form av kvantifiering för att kunna göra prioriteringar.

I stora städer kan man behöva ha tillgång till någon form av analysinstrument även för att identifiera relationer med otillfredsställande standard.

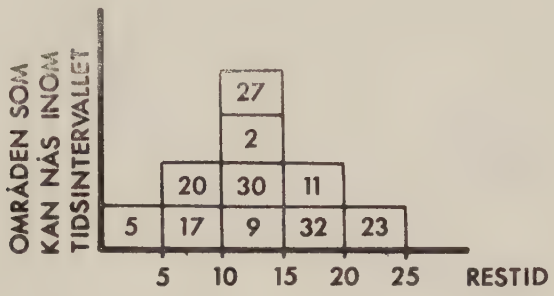
För att finna relationer med låg standard kan man utgå från restidsmatrisen eventuellt kompletterad med en matris över antalet byten.

Alternativt kan man utnyttja en matris med resuppoffringen.

Med hjälp av dessa matriser kan man finna relationer, som har en otillfredsställande standard, t ex längre restid än en given, mer än ett visst antal byten, lång restid och flera byten samtidigt eller större resuppoffring än någon given.

I större orter med många områden kan restidsmatriser bli svåröverskådliga. Det är också relativt besvärligt att direkt ur en sådan matris se, vilka linjer som behöver förbättras. De här problemen kan lösas genom att redovisa restidsmatrisen grafiskt, se figur 5.1.

Nedan återges ett av diagrammen i figuren.



Diagrammet kan tas fram ur en rad eller kolumn i restidsmatrisen. Om rader användes, erhålles restider från området och om kolumner användes, erhålles restider till området. Är matrisen symmetrisk, blir diagrammen identiskt lika. Om ej, kan t ex ett medelvärde bildas mellan de två.

För varje tidsintervall anges de områden som kan nås inom detta intervall. För att öka överskådligheten kan skraffering eller färg användas för att markera relationer med restider större än vissa angivna.

Genom att använda enbart restidsmatrisen kan man sålunda identifiera relationer med låg standard. För att kunna bedöma behovet av åtgärder bör man emellertid även ha en uppfattning om resbehovet i dessa relationer. Det kan man få genom att ta fram befolkning, arbetsplatser, service etc i de berörda områdena. Man kan även utnyttja resultat från resvaneundersökningar, trafikberäkningsmodeller eller folk- och bostadsräkningen.

Uppgifterna om resstandard och resbehov kan kombineras i en enda redovisning av samma typ som 5.1 ovan genom att göra staplarnas höjd proportionella mot resbehovet, se nedan.

KARLSTAD

FÖRDELNINGEN AV RESTIDER FRÅN VARJE OMRÅDE TILL SAMTLIGA ANDRA.

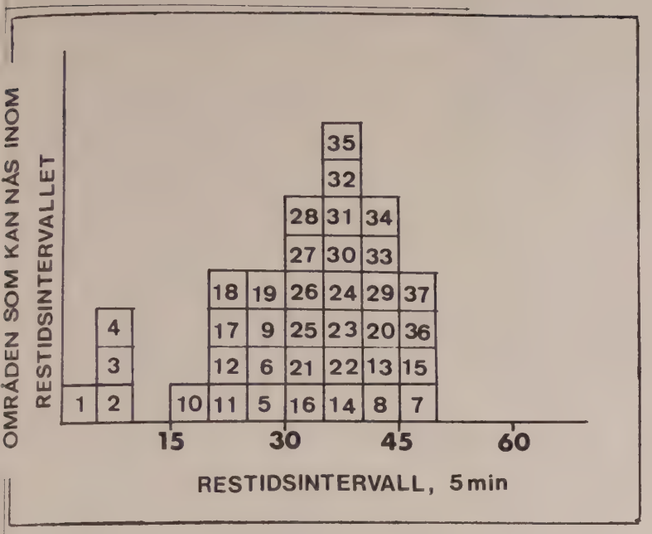
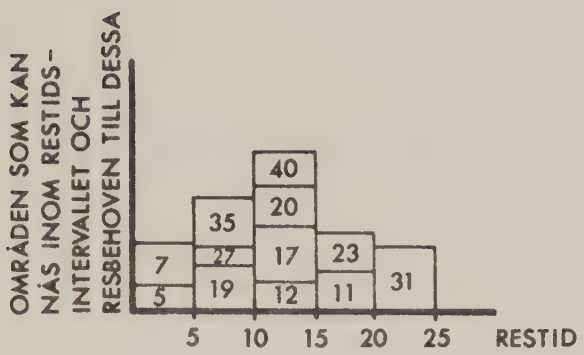


FIG. 5.1 Stapeldiagram med restider från varje område till varje annat område i tätorten.



Även i den här typen av diagram kan färg eller skraffering utnyttjas för att öka överskådligheten och läsbarheten.

5.2 Tillgänglighetens variation mellan områden i en ort

Vi skall här studera restiderna huvudsakligen med buss för olika områden i Karlstad.

Bussnätet i Karlstad återges i figur 5.2 och turintervallen i tabell 5.1. Expressbusslinjerna ingår ej i den här analysen.

I figur 5.3 redovisas medelrestider per område vid besöksresor. Medelrestiderna har beräknats enligt ekv (2), kapitel 4.2.2. Som mått på resbehovet mellan två områden har använts nattbefolkningen i målområdet. Den beräknade medelrestiden beskriver sålunda den genomsnittliga restiden för personer i startområdet som skall besöka vänner inom tätorten, om man antar att vännerna besöks lika ofta oavsett var de bor.

För att underlätta jämförelsen av tillgängligheten mellan olika områden kan index användas, se figur 5.4. I figuren har medelrestiden för vart och ett av områdena dividerats med medelrestiden för centrum, som i det här fallet har den lägsta medelrestiden. Kvoterna har sedan multiplicerats med faktorn 100. Som framgår av figuren, har flera ytterområden mer än dubbelt så lång medelrestid som centrum.

Ett annat sätt att beskriva restidsförhållandena för olika områden vid besöksresor redovisas i figur 5.5. Där redovisas hur många boende man når inom olika restider från ett antal områden i Karlstad. Det är alltså fråga om en åtkomlighetsbeskrivning. Som framgår av figuren, når man med buss från centrum samtliga boende inom tätorten inom 40 minuters restid. Från området Lamberget tar det 65 minuter att nå de mest avlägsna områdena.

TAB 5.1 Turtätheter under högtrafik på linjerna i Karlstad.
Gäller vinterturlistan 73/74.

LINJE	TURTÄTHET (min)
1	15
2	30
3	12
4	15
5	20
6	20
7	30
8	30
Föreslagna expressbusslinjer	20

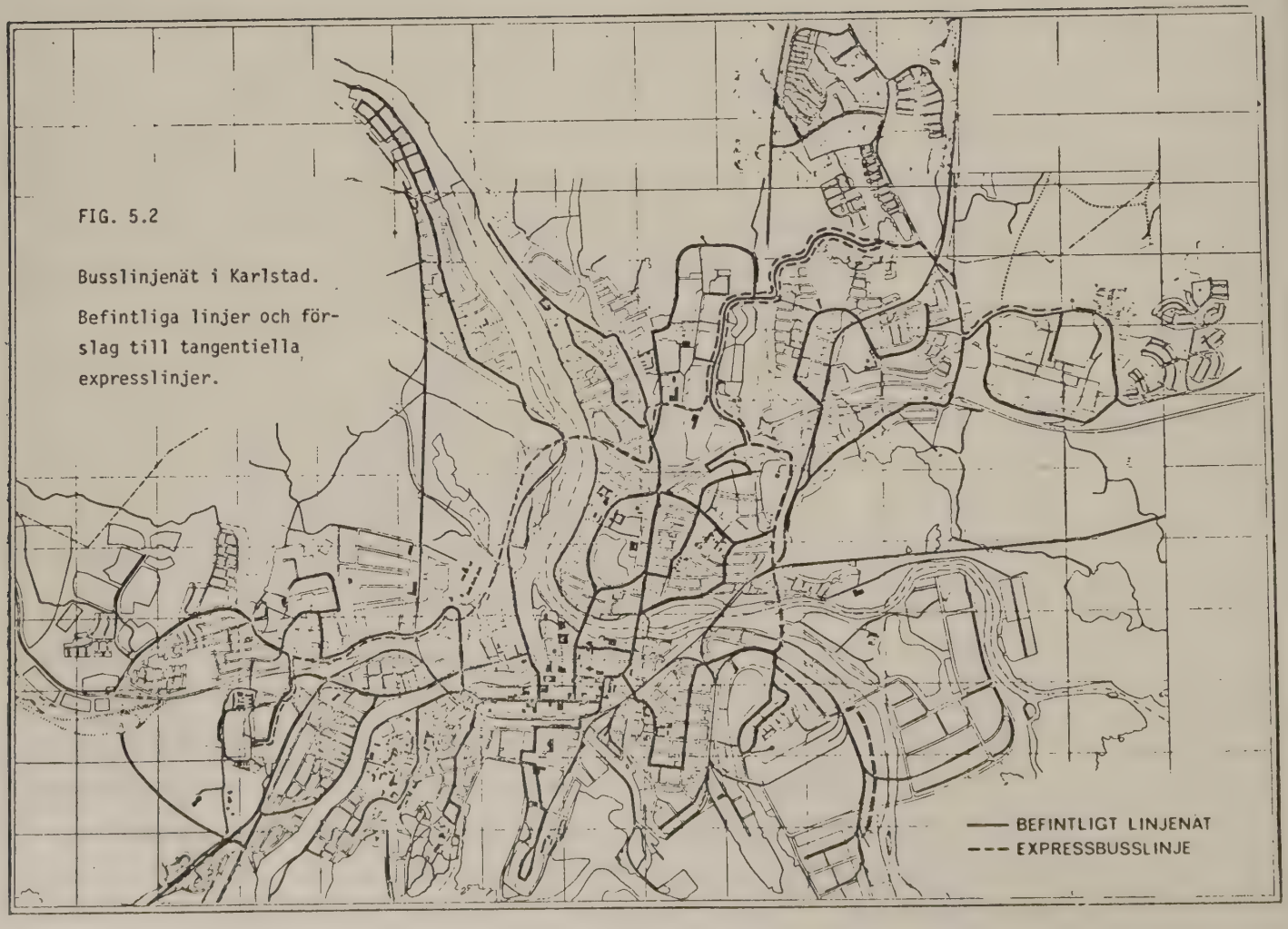


FIG. 5.2

Busslinjenät i Karlstad.

Befintliga linjer och förslag till tangentiella expresslinjer.

FIG. 5.3

Medelrestiden med buss per område.

Restider mellan områden är viktade med antalet boende i målområdena. Tiderna avser befintligt bussnät, högtrafik under vinterturlistan 73/74.

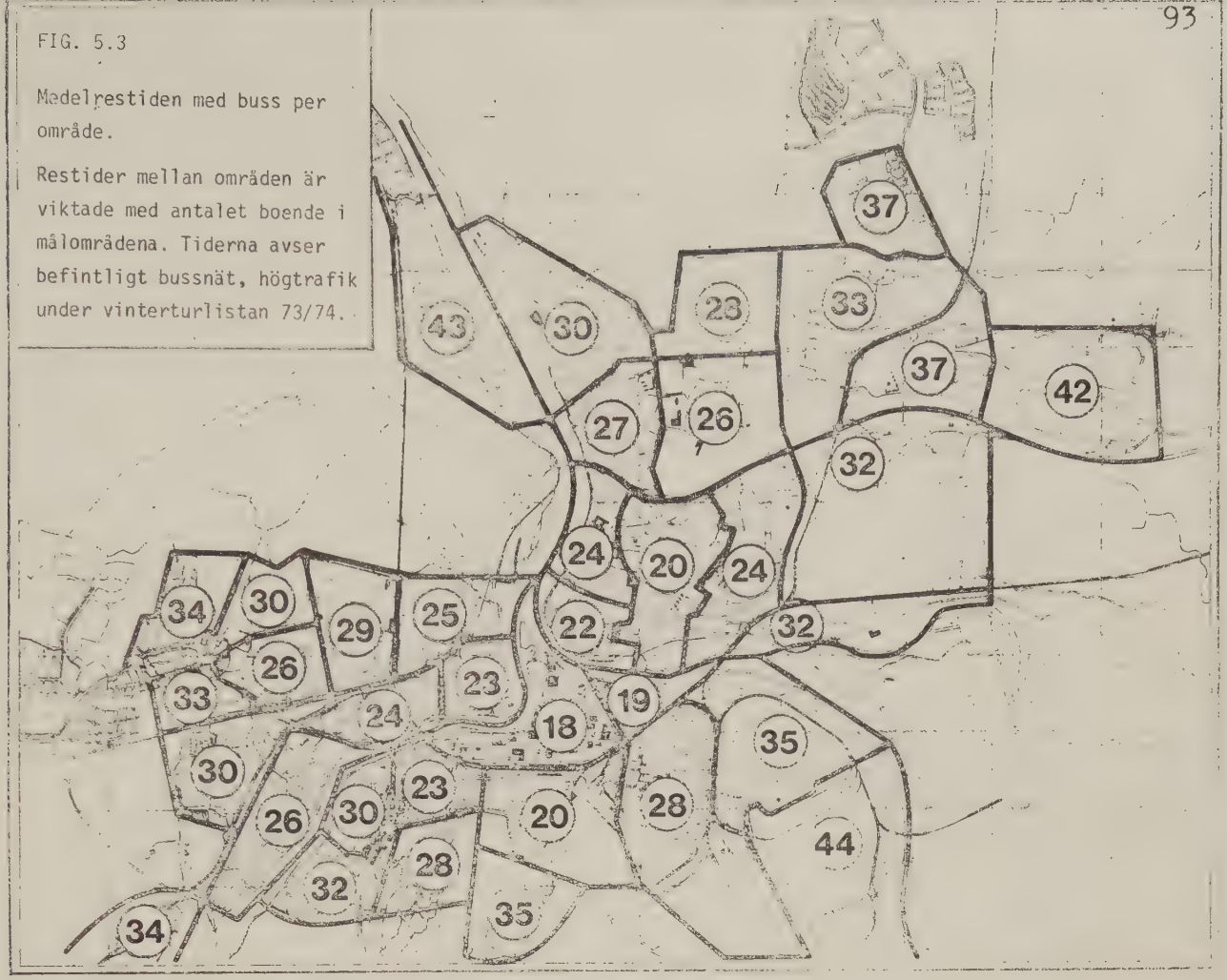
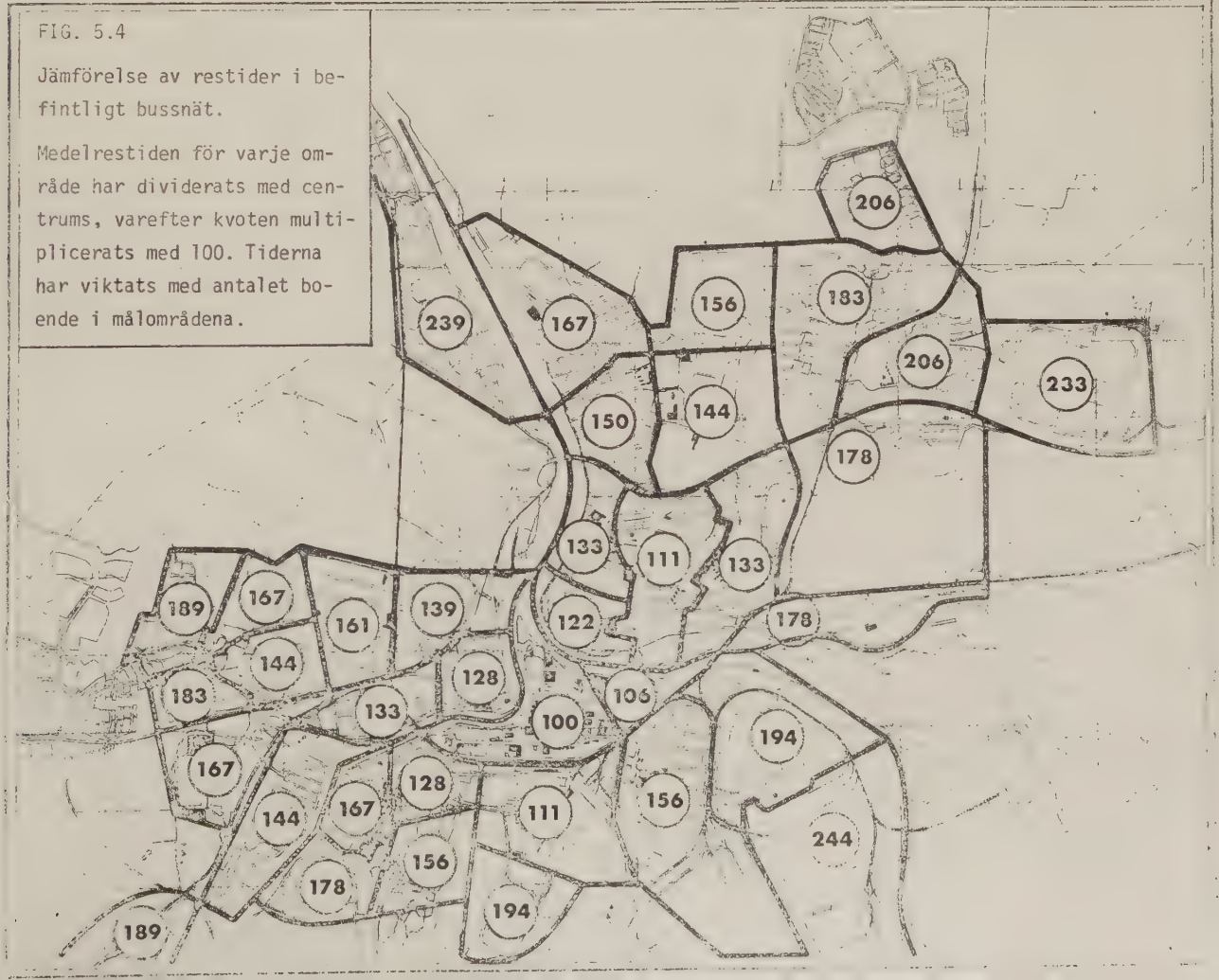


FIG. 5.4

Jämförelse av restider i befintligt bussnät.

Medelrestiden för varje område har dividerats med centrums, varefter kvoten multiplicerats med 100. Tiderna har viktats med antalet boende i målområdena.



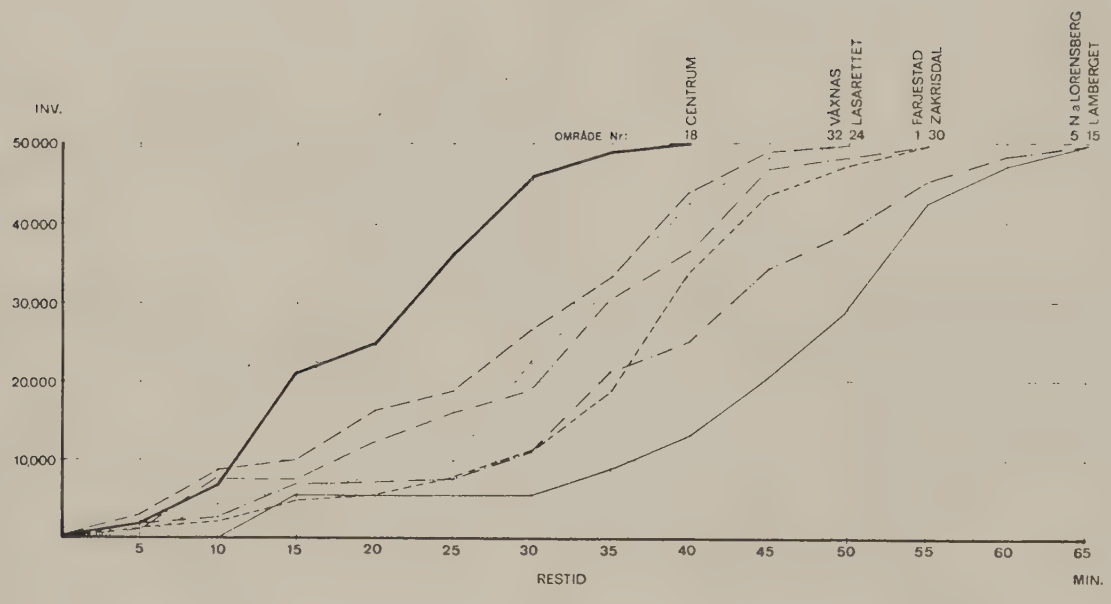


FIG 5.5 Antal boende som nås med buss inom olika restider för några områden i Karlstad.
Tiderna avser befintligt bussnät, under högtrafik och vinterturlistan 73/74.

Den senare typen av redovisning, figur 5.5, ger jämfört med den förra även en uppfattning om spridningen i restider. Å andra sidan kan den senare typen bli svåröverskådlig, om man har många områden. Den förmår ej heller beakta resefterfrågans avståndsberoende, vilket kan ske i medelrestiderna.

Redovisningar av den typ som redovisats kan göras för valfritt resändamål. I figur 5.6 redovisas medelrestider vid arbetsresor med buss. Som resbehov har pendlingen enligt FOB-70 använts. Medelrestiderna visar här alltså de verkliga genomsnittliga restiderna till arbetet för de som bor i respektive område. I figur 5.7 visas motsvarande medelrestider för bil. (En utförligare jämförelse av tillgängligheten mellan bil och buss återfinnes i kapitel 5.6 nedan.)

FIG. 5.6

Medelrestid med buss per område.

Restider mellan omradena är viktade med pendlingen enligt F.O.B. -70. Tiderna avser befintligt bussnät, under högtrafik och vinterturlistan 73/74.

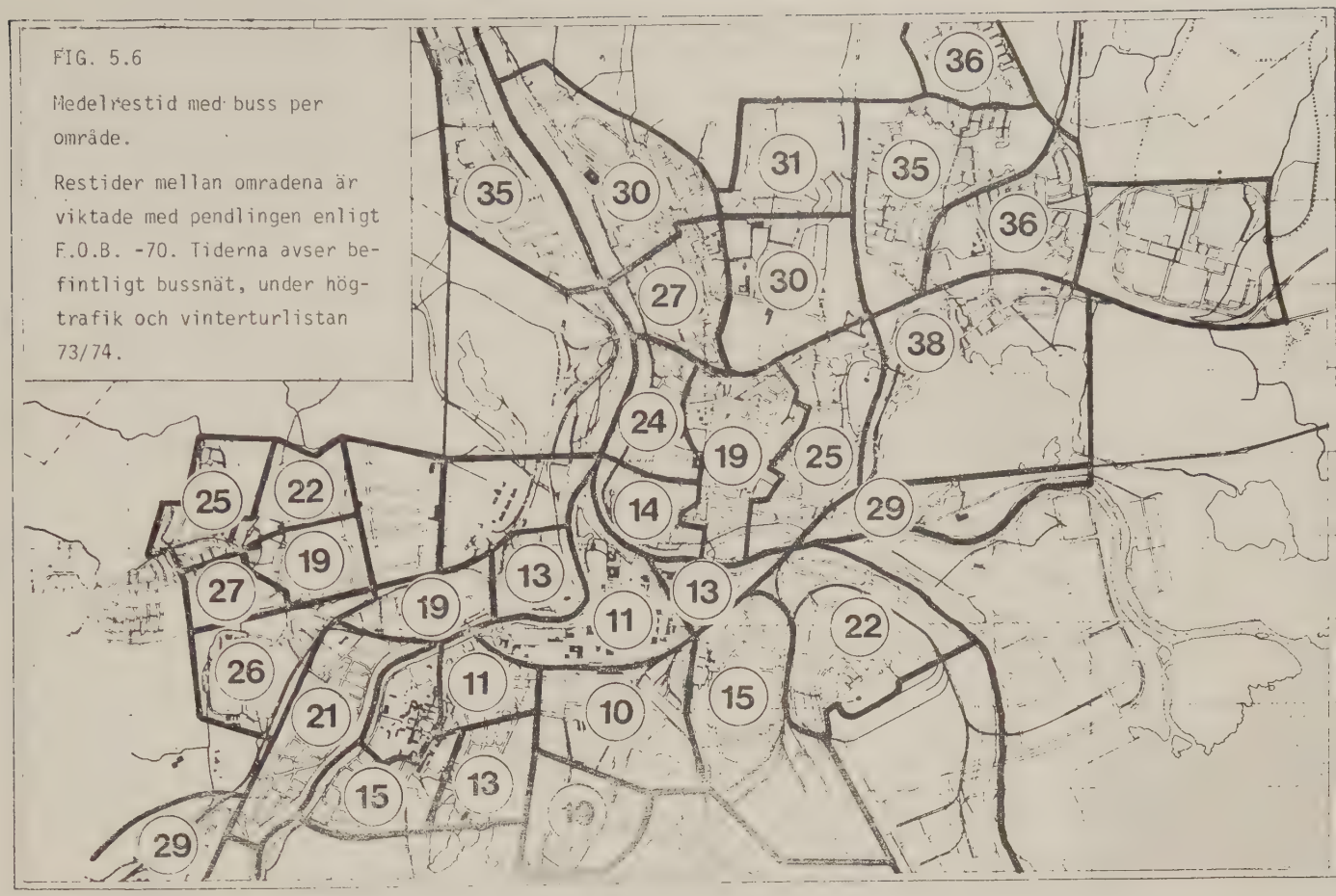
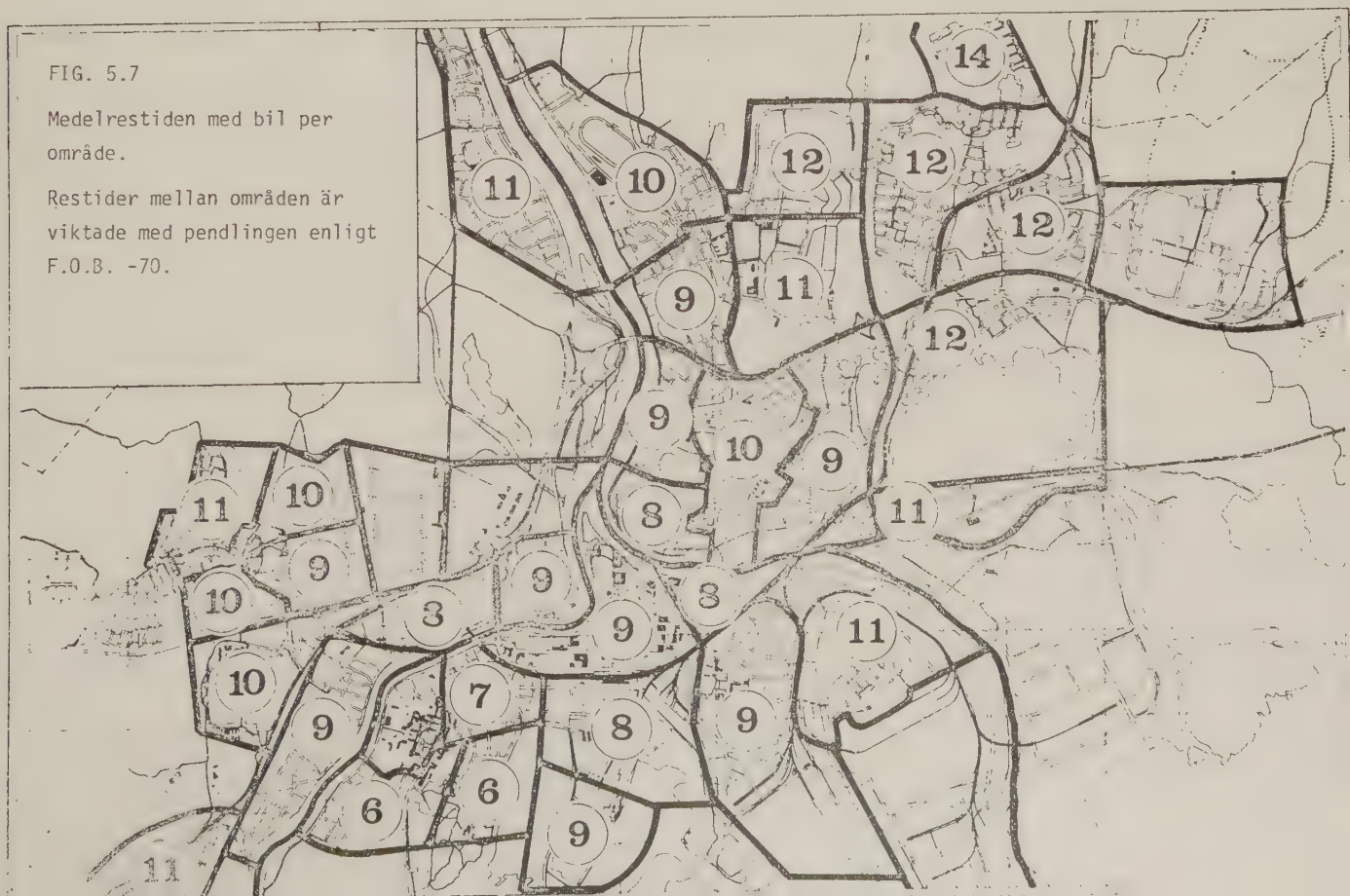


FIG. 5.7

Medelrestiden med bil per område.

Restider mellan områden är viktade med pendlingen enligt F.O.B. -70.



I figur 5.8 redovisas antalet arbetsplatser som nås inom varierande restider från några bostadsområden i Karlstad. För- och nackdelar med en redovisning av denna typ (åtkomlighet) jämfört med medelrestider enligt figur 5.6 är desamma som diskuterades i samband med figurerna 5.5 och 5.3 för besöksresor.

Vi har hittills endast redovisat medelrestider per område med tanke på resbehoven för de boende i området. Det kan emellertid också vara intressant att beskriva ett områdes resstandard med tanke på de som besöker området, såsom kunder, arbetande etc. Medelrestiden beräknas då enligt ekv (4), kapitel 4.2.2. I figur 5.9 redovisas medelrestiderna för några viktigare arbetsplatsområden i Karlstad för de som arbetar i områdena. Uppgifter om arbetspendlingen har hämtats ur FOB-70.

Den här typen av standardmått för ett område kan vara till stor hjälp, då man vill finna ur tillgänglighetssynpunkt lämpliga lägen för lokalisering av nya arbetsplatser, service etc.

5.3 Tillgänglighet vid olika resändamål

I kapitel 4 har diskuterats behovet av att särskilja olika resändamål vid redovisningen av resstandard. I samma kapitel har också diskuterats olika metoder att uppskatta resbehov.

Vi skall nedan visa exempel på vilka skillnader som kan finnas i resstandard mellan olika resändamål och hur valet av mått på resbehov påverkar de beräknade medelrestiderna.

I figurerna 5.10, 5.11 och 5.12 jämföres medelrestider beräknade med olika resbehovsmått för varje område. Som referenstid har i alla tre figurerna använts respektive områdes medelrestid bestämd under antagande om att alla områdesrelationer har samma vikt. För varje område har vi dividerat områdets medelrestid bestämd genom viktning med olika resbehovsmått med samma områdes medelrestid bestämd under antagande om att alla områdesrelationer har samma vikt. Kvoterna ha därefter multiplicerats med faktorn 100 för erhållande av index.

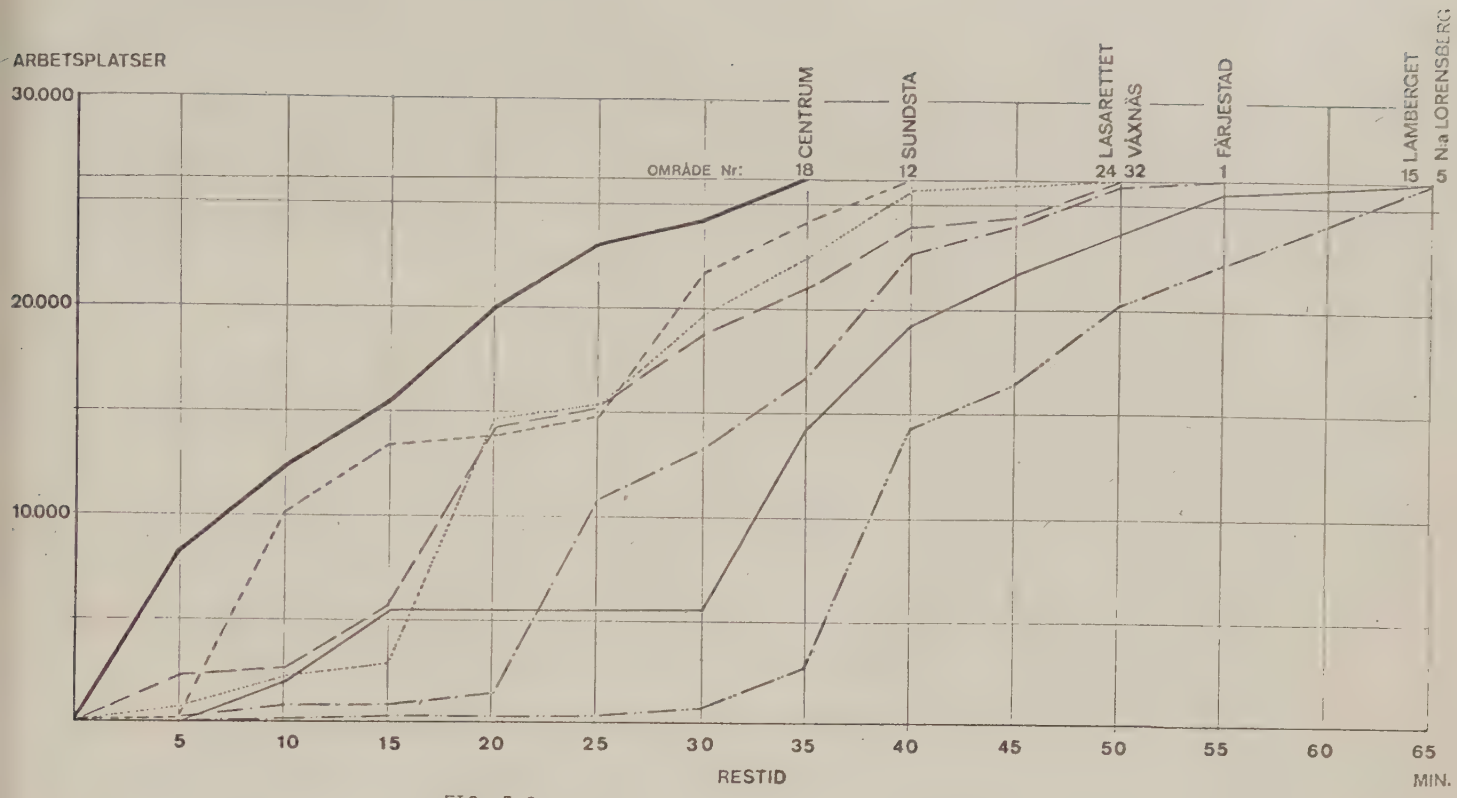


FIG. 5.8

Antalet arbetsplatser som nås med buss inom olika restider från några områden i Karlstad.

Tiderna avser befintligt bussnät, under högtrafik och vinterturlistan 73/74.

FIG. 5.9

Medelrestid med buss vid resor till några arbetsplatsområden.

Restiderna till områdena är viktade med pendlingen enligt F.O.B. -70. Tiderna avser befintligt bussnät, högtrafik och vinterturlistan 73/74.

I figur 5.10 jämföres medelrestiden vid besöksresor med den, där alla områdesrelationer givits samma vikt. Som framgår av figuren är restiden vid besöksresor i allmänhet något kortare än den senare. Index är minst i de områden som själva har en stor befolkning eller ligger nära andra områden med stor befolkning. Variationen i index mellan områdena är relativt liten. Den varierar mellan ca 90 och 100.

Om vi istället tittar på arbetsresor och använder antalet arbetsplatser som vikt, se figur 5.11, blir variationerna i index mellan områdena betydligt större. För områdena i norr ökar index till i vissa fall över 100, medan de minskar kraftigt i söder.

Samma tendens återfinnes i figur 5.12, där medelrestider viktade med pendlingen enligt FOB-70 jämförts med medelrestider, där alla områdesrelationer givits samma vikt. De stora skillnaderna i medelrestider till arbete mellan områdena i norr och söder beror på att flertalet arbetsplatser ligger i centrum och i de södra stadsdelarna.

Det bör noteras, att för vissa områden i norr är medelrestiden till arbete längre än medelrestiden till samtliga andra områden. Detta gäller främst, då antalet arbetsplatser användes som vikt, d v s då alla arbetsplatser antages ha samma attraktivitet oavsett resavstånd. Arbetsplatserna har alltså en lokalisering, som ur restidssynpunkt för områdena i norr är ofördelaktigare än om de hade varit jämnt fördelade över hela tätorten.

FIG. 5.10

Jämförelse av medelrestiden per område vid olika resbehovsmått.

För varje område har medelrestiden vid viktning med antalet boende dividerats med en medelrestid där alla områdesrelationer givits samma vikt. Kvoterna har multiplicerats med 100. Restiden avser befintligt bussnät, högtrafik och vinterturlistan 73/74.

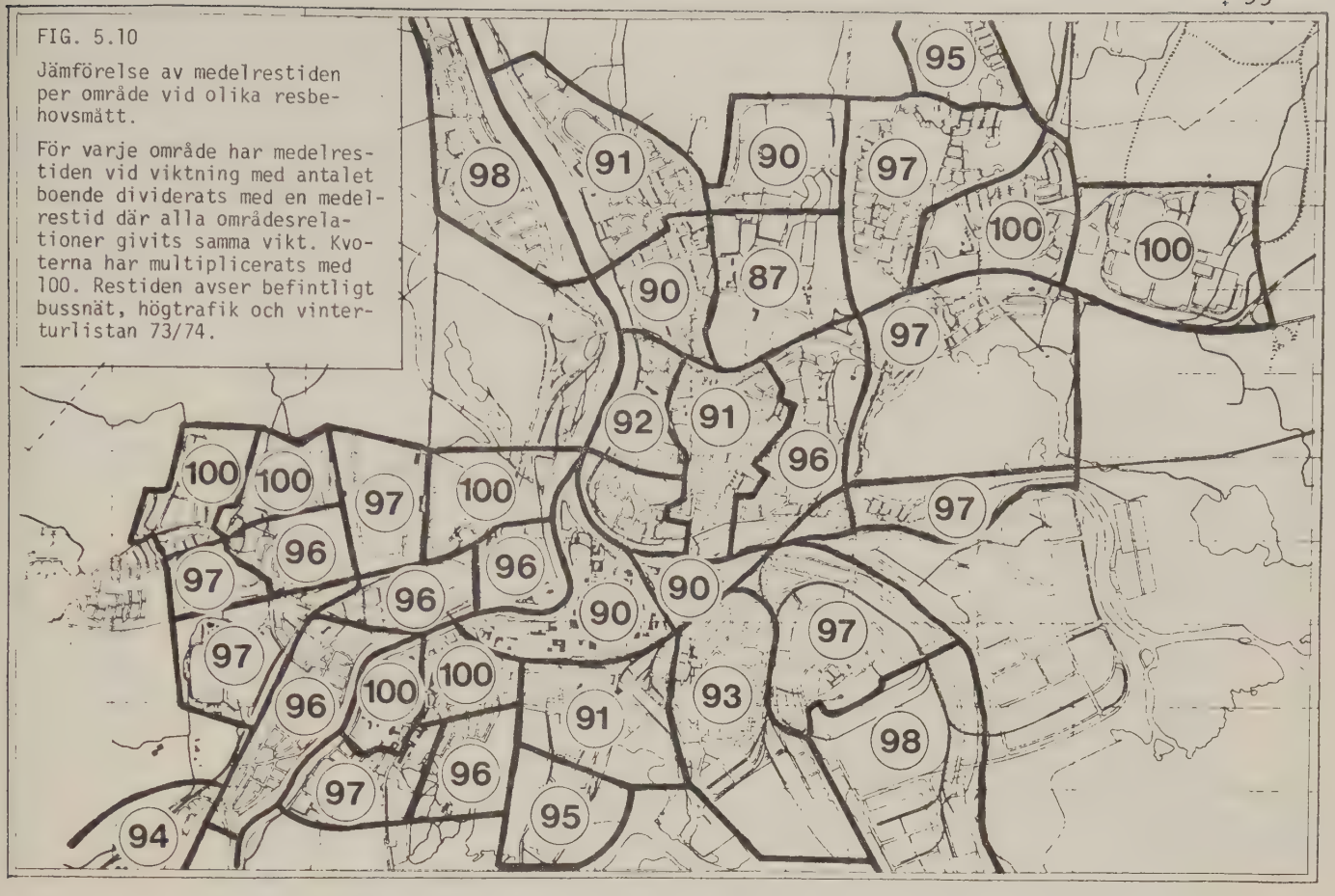


FIG. 5.11

Jämförelse av medelrestiden per område vid olika resbehovsmått.

För varje område har medelrestiden vid viktning med antalet arbetsplatser dividerats med en medelrestid där alla områdesrelationer givits samma vikt. Kvoterna har multiplicerats med 100. Restiderna avser befintligt bussnät, högtrafik och vinterturlistan 73/74.

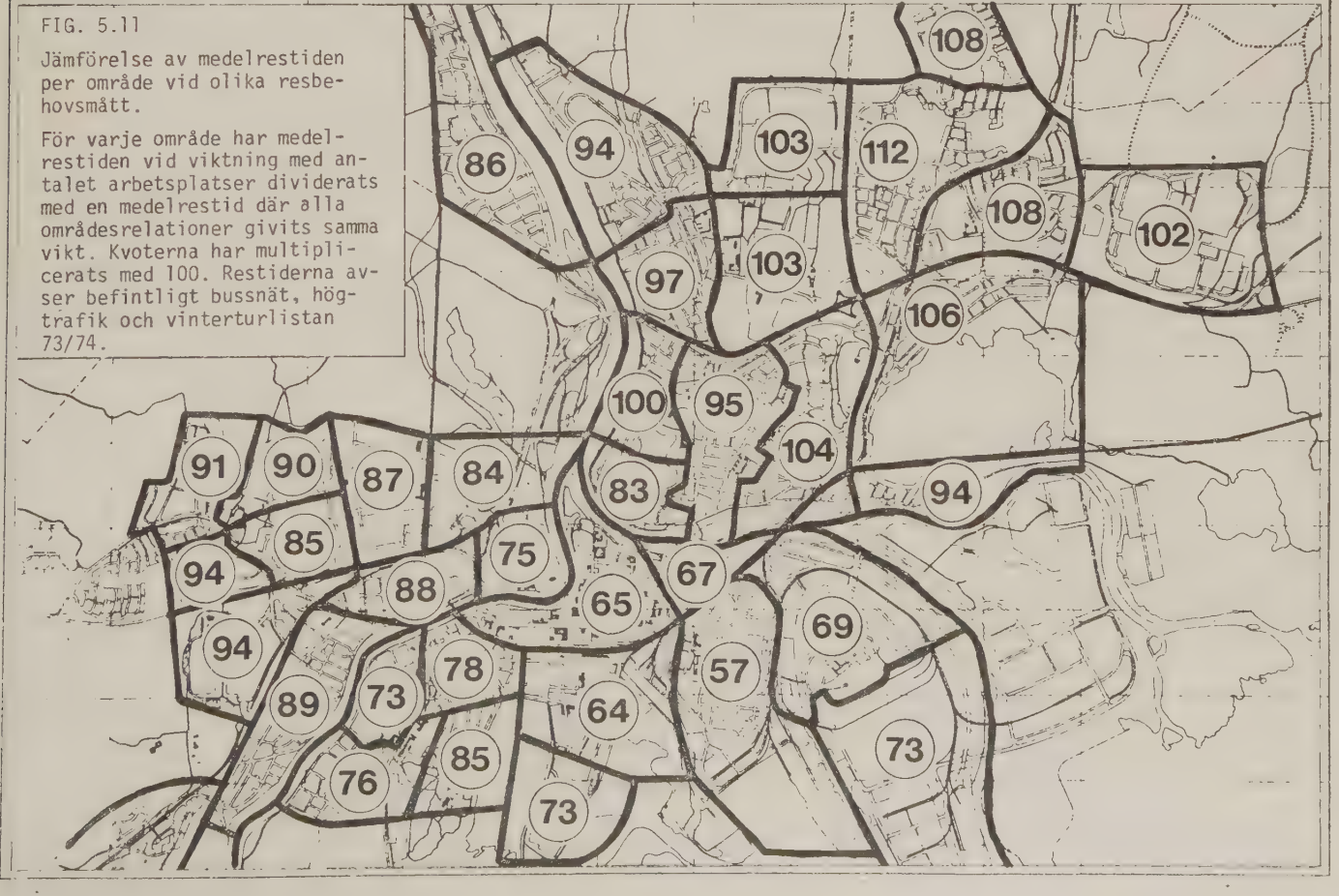


FIG. 5.12

Jämförelse av medelrestiden per område vid olika resbehovsmått.

För varje område har medelrestiden vid viktning med pendlingen enligt F.O.B. -70 dividerats med en medelrestid där alla områdesrelationer givits samma vikt. Kvoterna har multiplicerats med 100. Restiderna avser befintligt bussnät, högtrafik och vinterturlistan 73/74.

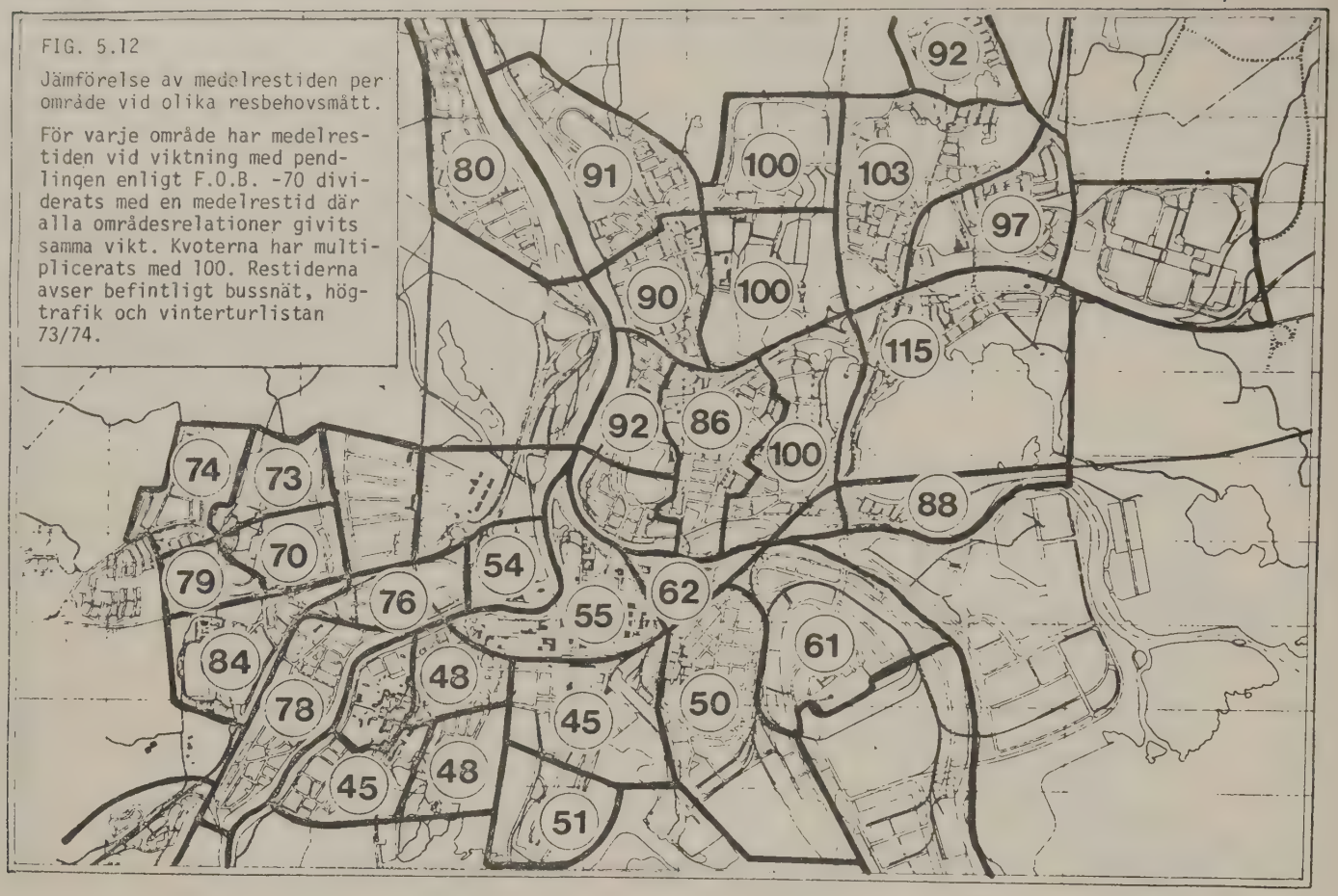
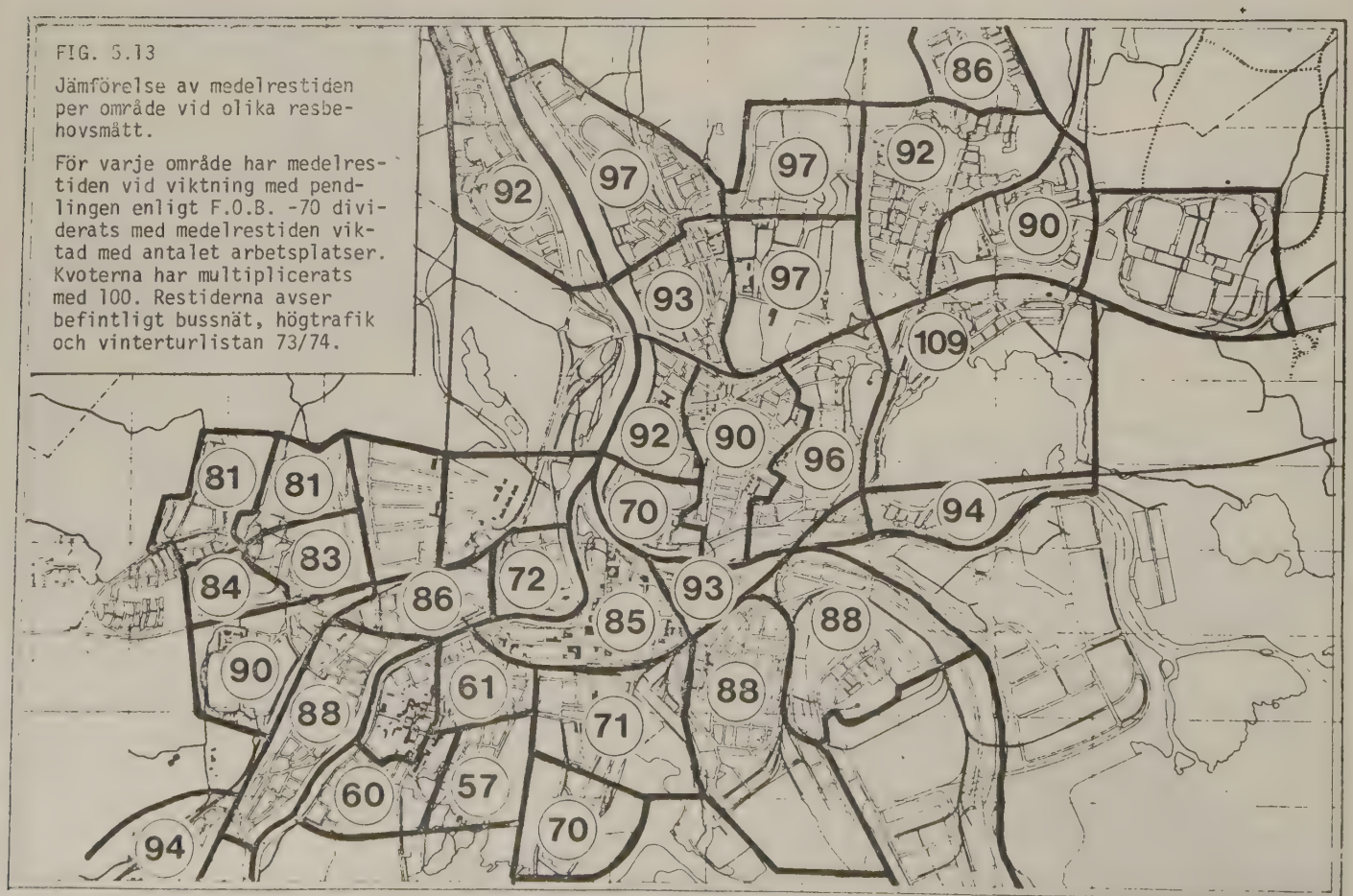


FIG. 5.13

Jämförelse av medelrestiden per område vid olika resbehovsmått.

För varje område har medelrestiden vid viktning med pendlingen enligt F.O.B. -70 dividerats med medelrestiden viktad med antalet arbetsplatser. Kvoterna har multiplicerats med 100. Restiderna avser befintligt bussnät, högtrafik och vinterturlistan 73/74.



I figur 5.13 har vi jämfört medelrestiden per område viktad med pendlingen enligt FOB-70 och medelrestiden viktad med antalet arbetsplatser. Som framgår av figuren, är indexen i samtliga fall utom ett lägre än 100, vilket alltså betyder, att medelrestiden beräknad med pendlingen enligt FOB-70 som vikt i allmänhet är kortare. Skillnaden i medelrestider vid användning av pendlingen respektive antalet arbetsplatser som vikter återspeglar reseefterfrågans avståndsberoende. Alla arbetsplatser i regionen är inte lika attraktiva. Man väljer i viss utsträckning bostad och arbetsplats med hänsyn till avståndet.

Användningen av antalet arbetsplatser som vikt innebär, att alla arbetsplatser oavsett typ och avstånd antages vara lika attraktiva. En väl fungerande struktur uppbyggd med det antagandet ger maximal flexibilitet, när det gäller val av bostad och arbetsplats. Man kan alltså byta bostad eller arbetsplats utan att alltför hårt styras av transportsystem och struktur.

Använder man däremot pendlingen enligt folk- och bostadsräkningen som vikt, tas hänsyn till de speciella förhållanden som råder på orten vad avser olika typer av arbetstagares val av bostadsområde samt deras avståndskänslighet. Ett transportsystem, som är uppbyggt för att tillgodose de speciella boende- och resmönster som återspeglas i arbetspendlingen enligt FOB har förutsättningar att fungera väl i dagens situation, men kan leda till låg flexibilitet vad avser val av bostad och arbetsplats i framtiden.

I figur 5.14 redovisas stapeldiagram över medelrestiderna med buss och bil för de olika områdena i Karlstad vid användning av olika resbehovsmått. Figurerna visar hur många områden, som har medelrestider inom olika tidsintervall (5 min). Diagrammet över bussrestider konfirmerar de slutsatser vi har dragit tidigare, nämligen att andelen långa medelrestider blir störst om alla områdesrelationer ges samma vikt vid bildandet av medelrestiderna. Näst störst andel långa restider erhålles vid viktning med antalet boende per område, därefter följer viktning med antal arbetsplatser samt slutligen viktning med pendlingen enligt folk- och bostadsräkningen.

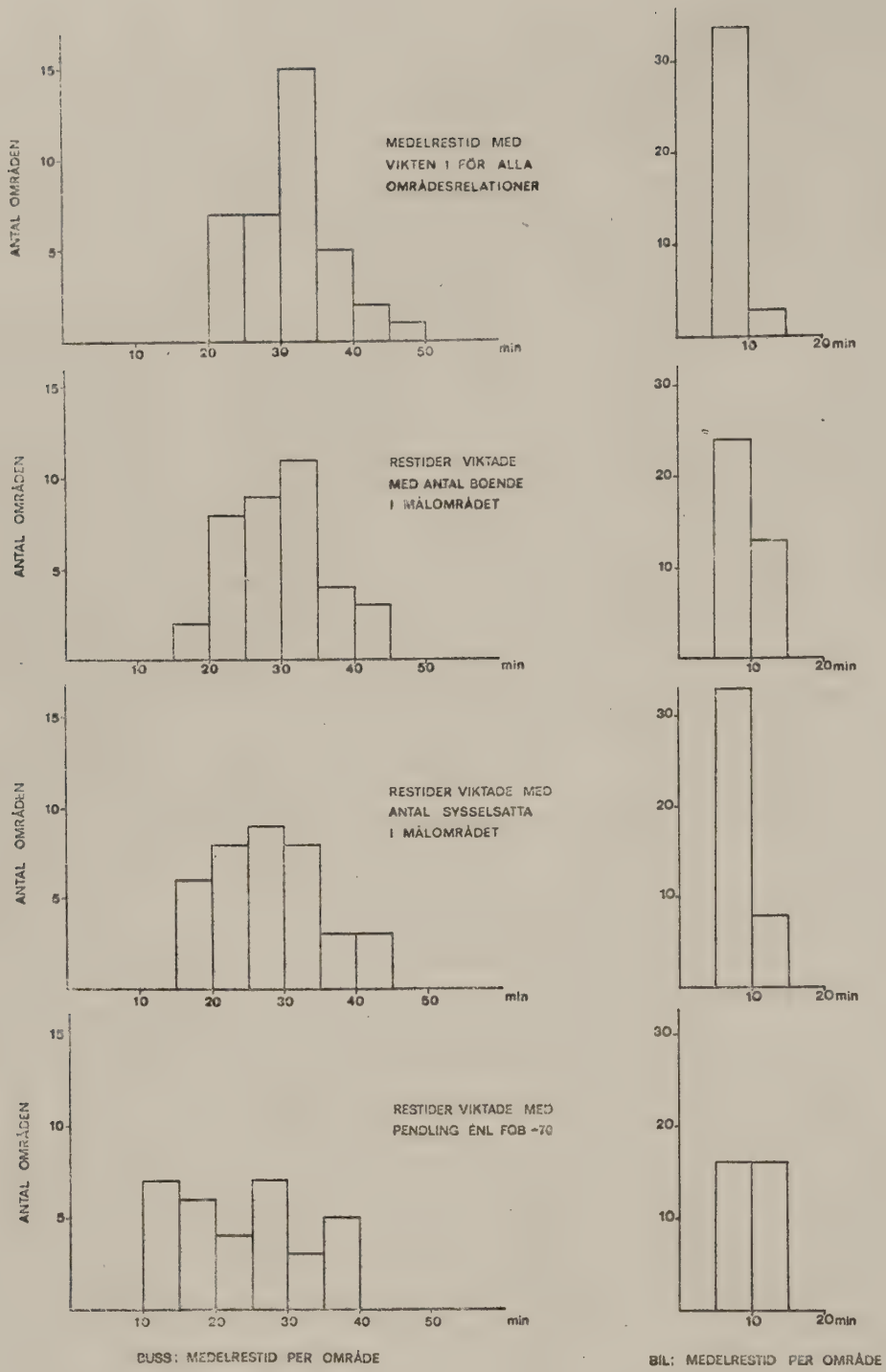


FIG. 5.14

Stapeldiagram över medelrestider per område vid användning av olika resbehovsmått för färdmedlen bil och buss.

För varje använt resbehovsmått och färdmedel har avsatts antalet områden med en medelrestid inom tidsintervall om 5 minuter.

Om vi däremot tittar på diagrammen över medelrestiderna med bil per område, så erhålles en helt annan bild. Här är ordningen den motsatta. En större andel långa restider erhålles vid viktning med pendlingen än då alla områden ges samma vikt.

Anledningen till att medelrestiderna med buss och bil varierar på olika sätt beroende på valet av resbehovsmått är följande. Tunga bostadsområden och viktigare arbetsplatsområden har relativt sett bättre bussförsörjning än övriga områden. När det gäller bil, har däremot tunga bostadsområden och viktigare arbetsplatsområden sämre tillgänglighet än övriga områden. Det beror på att gångavstånden till och från parkeringsplats är längre och att tiden för att finna en ledig parkeringsplats har antagits vara längre.

Tillgängligheten till arbetsplatser är bättre än till bostäder både när det gäller buss och bil.

5.4 Resstandard för äldre och yngre personer

Vi har i det här exemplet försökt beskriva skillnader i restidsstandard mellan personer yngre än 17 år och äldre än 67 år. Anledningen till att vi valt just dessa grupper är att de mera sällan har tillgång till bil.

I exemplet har det endast varit möjligt att belysa de skillnader i restidsstandard som finnes mellan grupperna på grund av skilda bosättningsmönster. Tidigare har diskuterats möjligheter att även ta hänsyn till skillnader ifråga om resornas fördelning på ändamål och förflyttningsmöjligheter till följd av fysisk kondition.

De båda åldersgrupperna, personer äldre än 67 år och yngre än 17 år, uppvisar inte oväntat skilda bosättningsmönster. Andelen äldre personer är större i centrala stadsdelarna, se figur 5.15, medan andelen yngre är större i de nybyggda perifera områdena, se figur 5.16. Eftersom de perifera områdena har en sämre tillgänglighet med buss, kommer de yngre att få en relativt sett lägre transportstandard än de äldre, som främst bor i de mera centrala delarna, se figur 5.17.

FIG. 5.15

Andelen personer äldre än 67 år i procent av nattbefolkningen i respektive område.

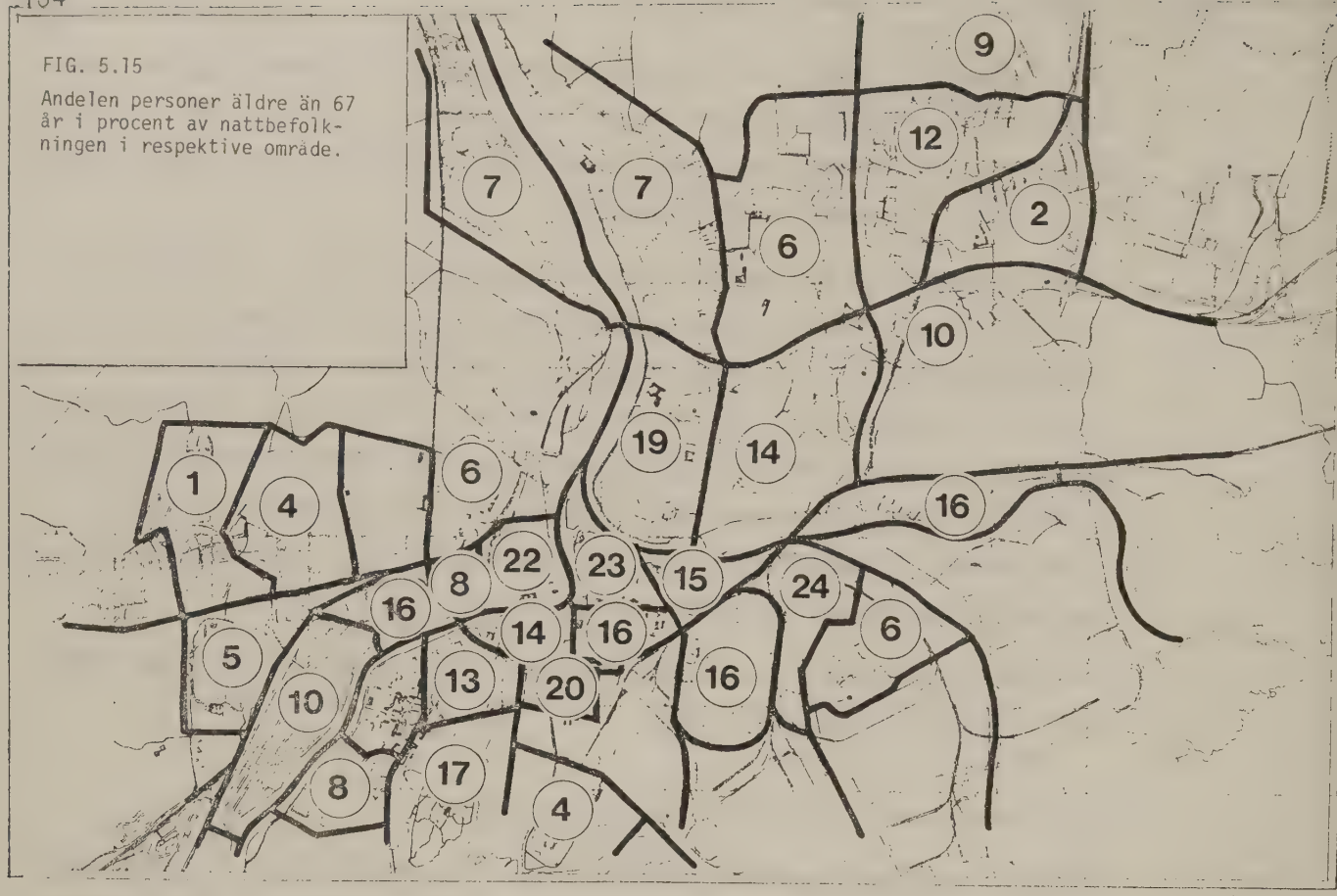
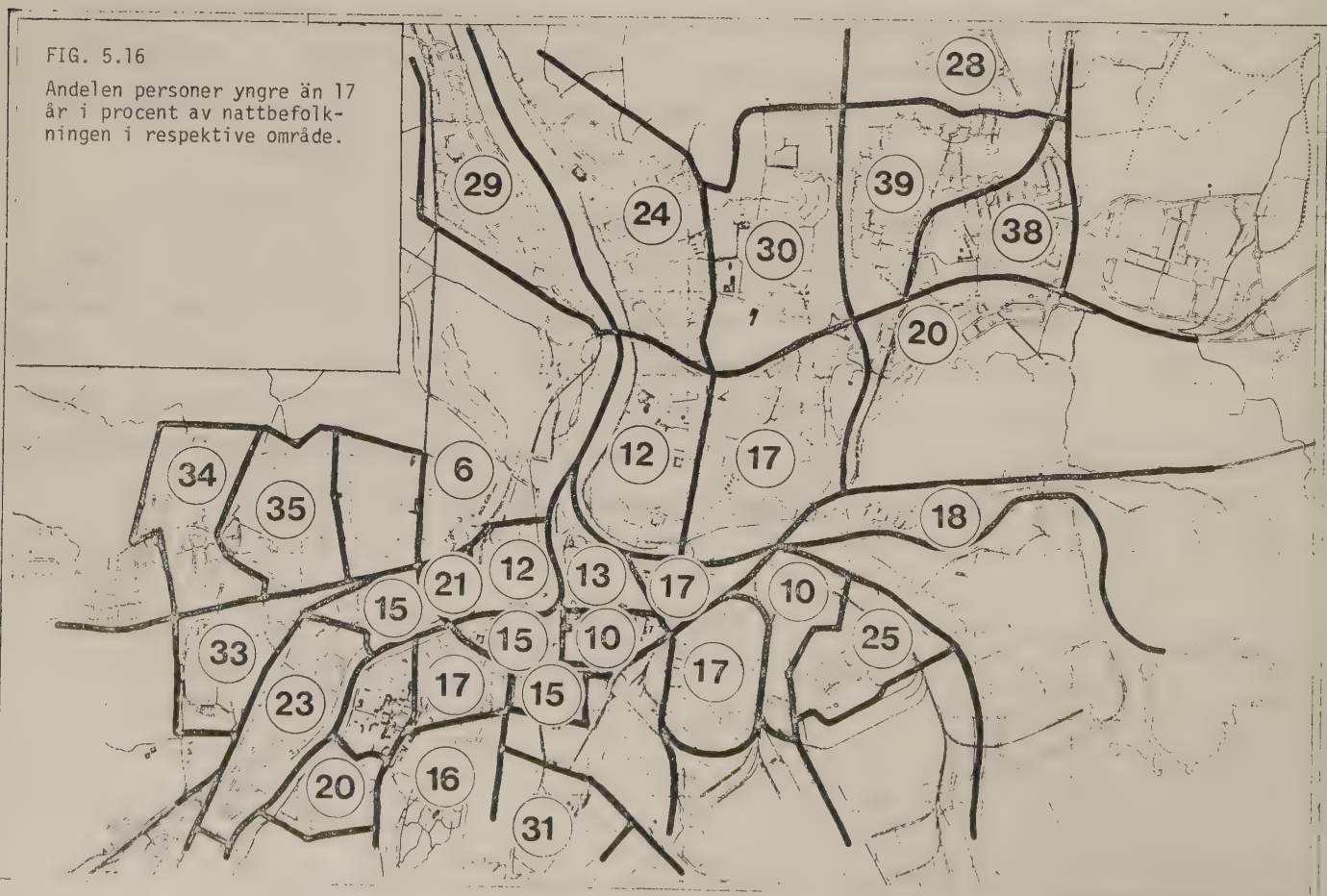


FIG. 5.16

Andelen personer yngre än 17 år i procent av nattbefolkningen i respektive område.



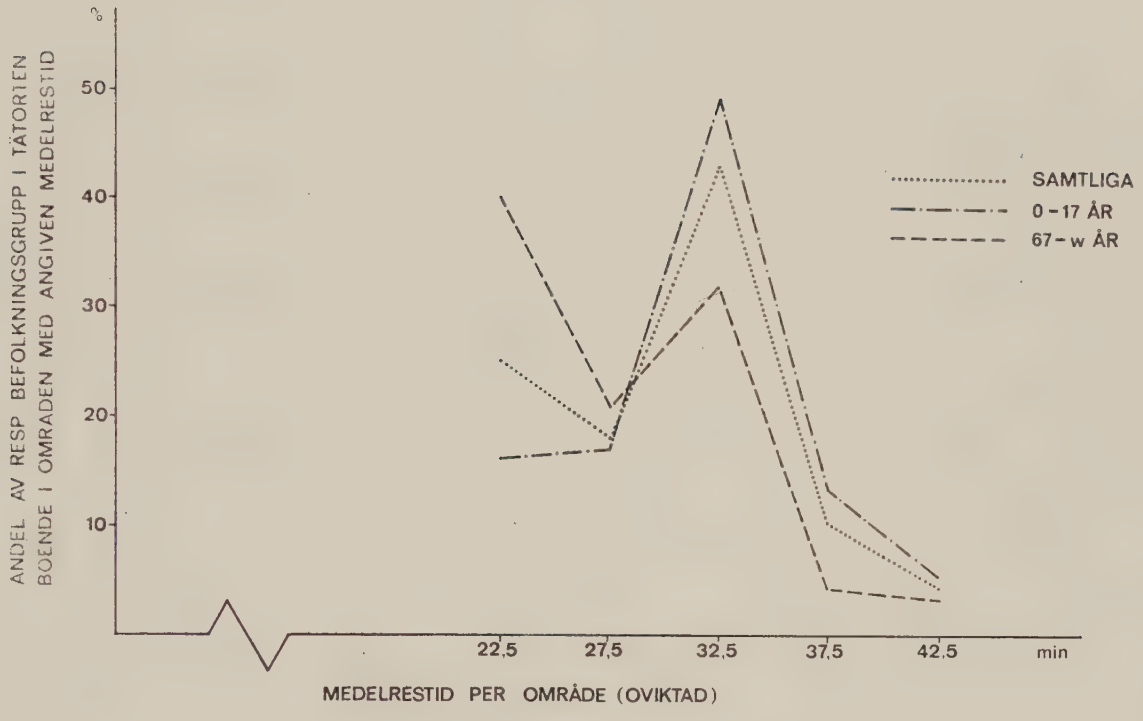


FIG 5.17 Fördelning av personer äldre än 67 år respektive yngre än 17 år efter bostadsområdets medelrestid (alla områdesrelationer har givits samma vikt vid medelvärdesbildningen).

För områden inom en viss restidsklass (5 min: klassens mittpunkt har angivits på abscissan) har antalet individer inom de två befolkningsgrupperna beräknats. Därefter har deras andel av det totala antalet individer inom respektive grupp i hela tätorten bestämts. Tiderna avser befintligt bussnät, under högtrafik och vinterturlistan 73/74.

De två i förhållande till medelrestiden i bostadsområdet motsatta boendemönstren hos yngre och äldre framgår av figur 5.18.

Den sämre tillgängligheten med buss för de yngre kompenseras troligen i hög grad av att de i större utsträckning än de äldre kan använda cykel som komplement till bussen.

För de äldre spelar gångavståndet till hållplats en speciellt viktig roll. Vi har därför även studerat gångavstånden i relation till andelen äldre personer i områdena.

Av figur 5.19 framgår att det finns en tendens till att äldre personer bor i områden med korta gångavstånd.

I det här exemplet har det ej varit möjligt att ta hänsyn till skillnader i transportstandard mellan grupperna till följd av varierande resändamålsfördelningar och varierande vikter på standardkomponenter. Vi skall dock kort antyda hur en sådan redovisning kan göras (se vidare kapital 4.4.).

Man beräknar då resuppoffringen mellan samtliga områden med två uppsättningar vikter på restidskomponenterna svarande mot de yngres respektive äldres preferenser. Vikterna får tillsvidare väljas normativt. En viss ledning vid valet kan man dock få ur kapitel 2.2.

Även två resbehovsmatriser beräknas, där fördelningen på resändamål för de två grupperna får ansättas med ledning av uppgifter från utförda resvaneundersökningar.

Med hjälp av resuppoffrings- och resbehovsmatriserna kan man beräkna dels medeluppoffringar och fördelningar för de två grupperna, se kapitel 4.2.2, såväl för områden som totalt för hela den studerade regionen, se t ex figur nedan.

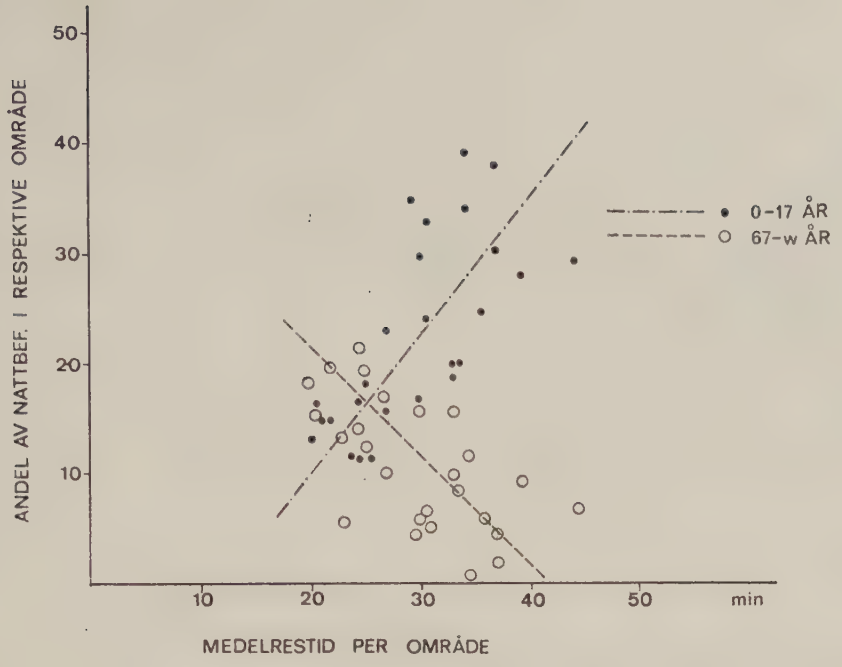


FIG. 5.18

Andelen personer äldre än 67 år respektive yngre än 17 år av nattbefolkningen i områdena i relation till medelrestiden (medelrestid enligt FIG. 5.17) per område.

För varje område har andelen individer i de två grupperna av nattbefolkningen i samma område beräknats. Därefter har dessa andelar avsatts mot medelrestiden för respektive område. Tiderna avser befintligt bussnät, högtrafik och vinterturlistan 73/74.

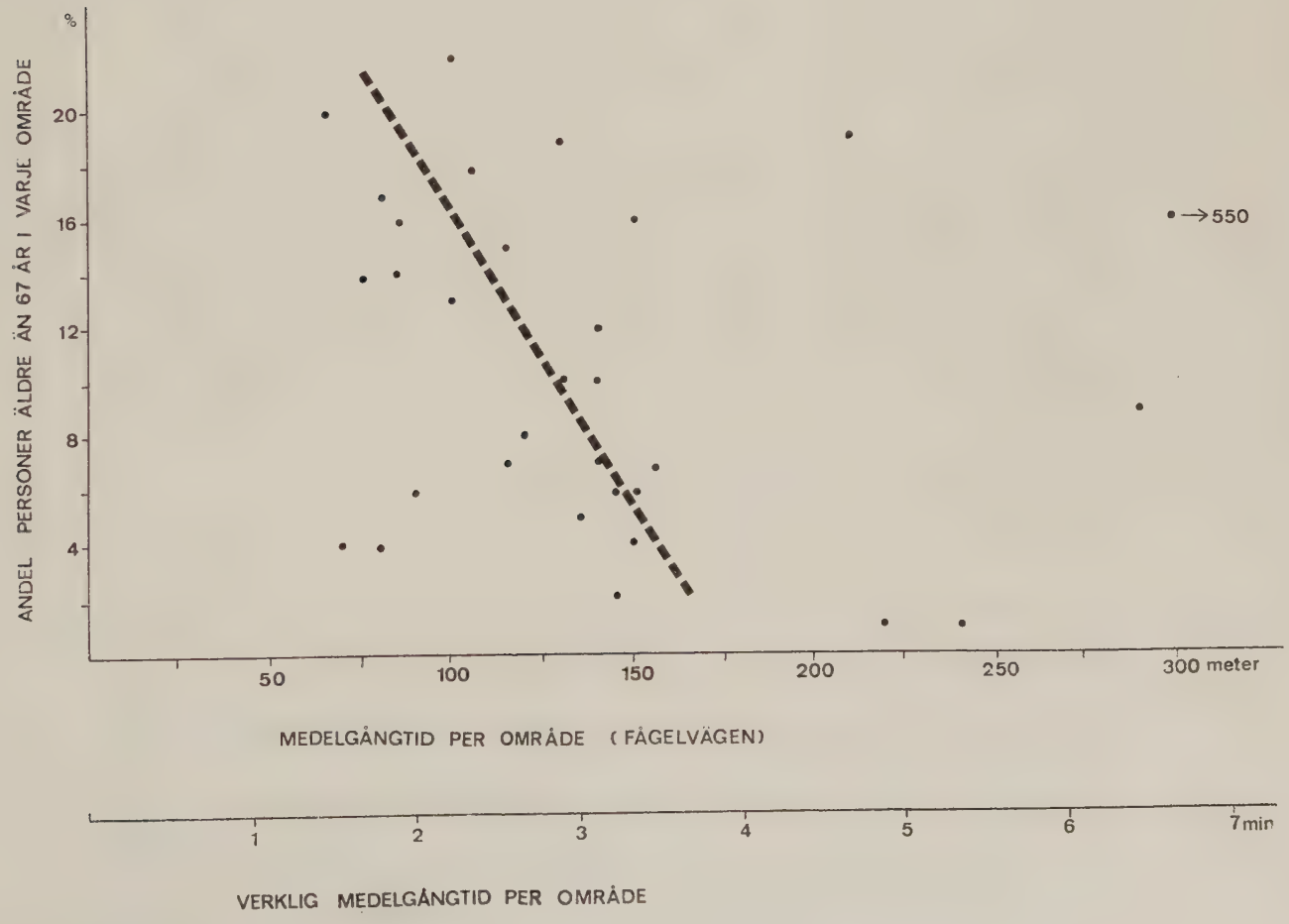
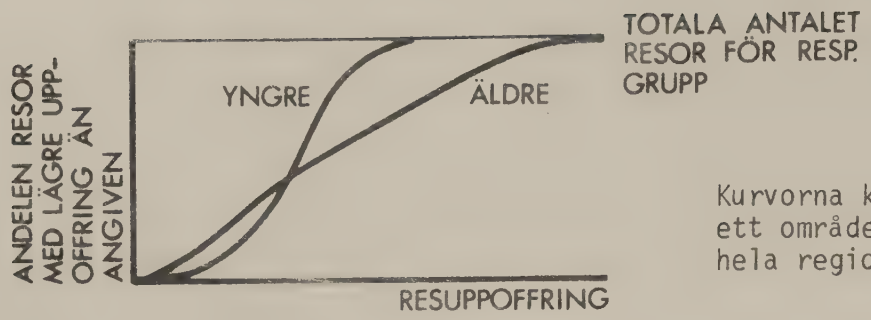


FIG. 5.19 Andelen personer äldre än 67 år av den totala nattbefolkningen i respektive område i relation till medelgångavståndet (fågelvägen) och medelgångtiden (verklig) till hållplats.

Tiderna avser befintligt bussnät, högtrafik och vinterturlistan 73/74.



Kurvorna kan avse ett område eller hela regionen.

5.5 Tillgängligheten vid alternativa, hypotetiska lokaliseringar av arbetsplatser och bostäder

De exempel som redovisas här är avsedda att visa dels hur alternativa lokaliseringar kan utvärderas med avseende på tillgänglighetsförändringar dels några generella drag i sambandet mellan lokalisering och tillgänglighet.

Vid utvärderingen av de olika alternativen för arbetsplatsernas lokalisering förutsättes dagens boendefördelning. Den alternativa boendefördelningen analyseras endast med avseende på besöksresor.

Både i fallet med alternativa arbetsplatslokaliseringar och fallet med en alternativ boendefördelning beräknas resbehoven dels med hjälp av enbart potentialmått, d v s antal arbetsplatser respektive antal boende dels med en konventionell gravitationsmodell, där hänsyn även tas till resandets avståndsberoende (i det här fallet fågelvägsavstånd, se kapitel 4.6).

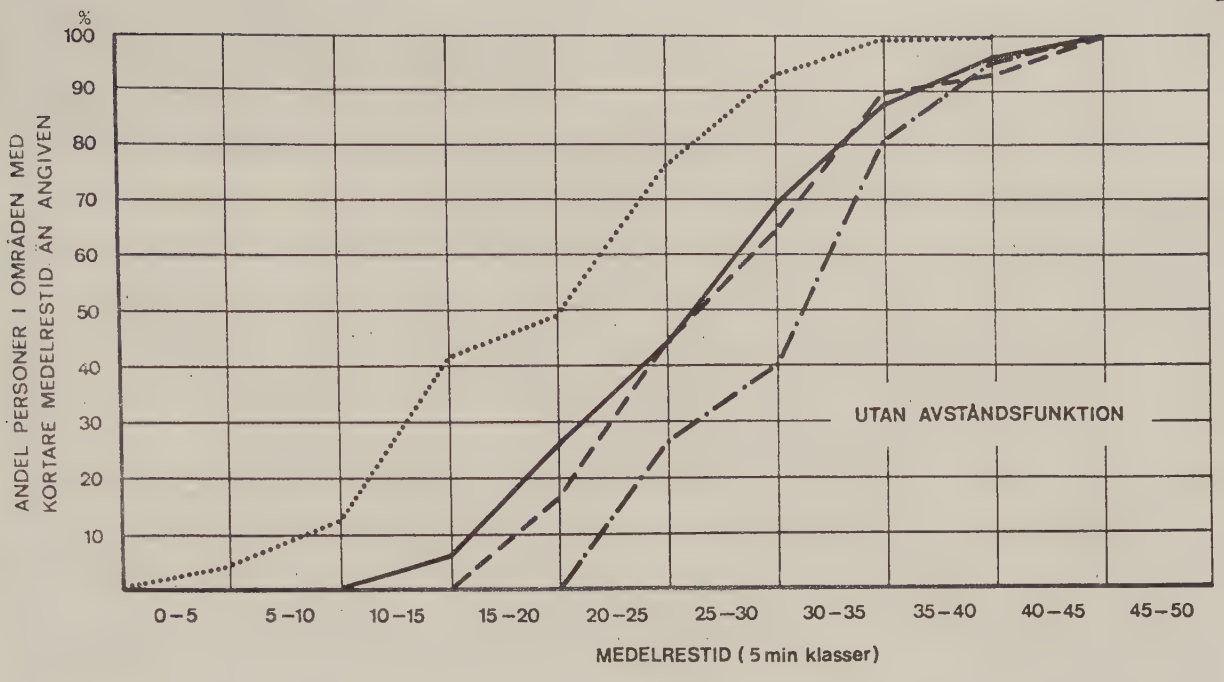
5.5.1 Alternativ arbetsplatslokalisering

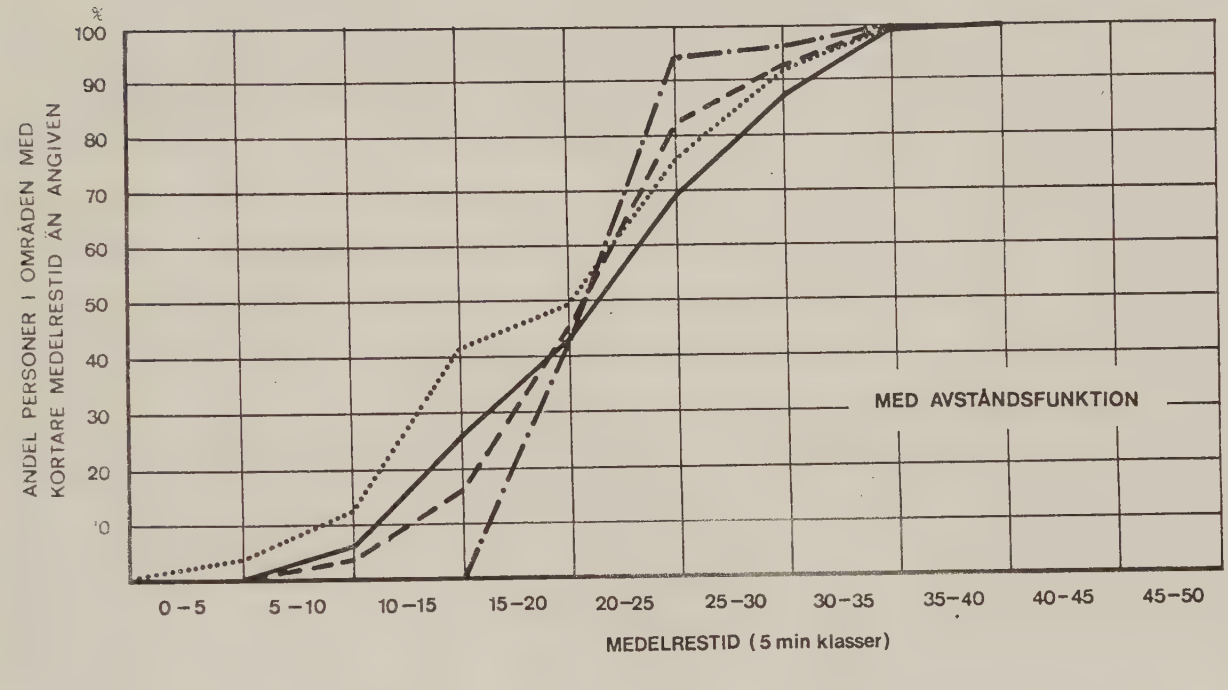
Tre olika alternativ har jämförts med dagens fördelning av arbetsplatser:

1. En från centrum jämnt avtagande koncentration av arbetsplatser
2. Alla arbetsplatser i centrumområdet
3. En jämn fördelning av arbetsplatser inom hela tätorten

I samtliga fall förutsättes samma totala antal arbetsplatser som idag.

För varje alternativ har beräknats hur stor andel av de boende i tätorten, som bor i områden med medelrestider med buss till arbetet, som är kortare än vissa angivna, se figur 5.20. I figuren finns redovisat





FIGURFÖRKLARING

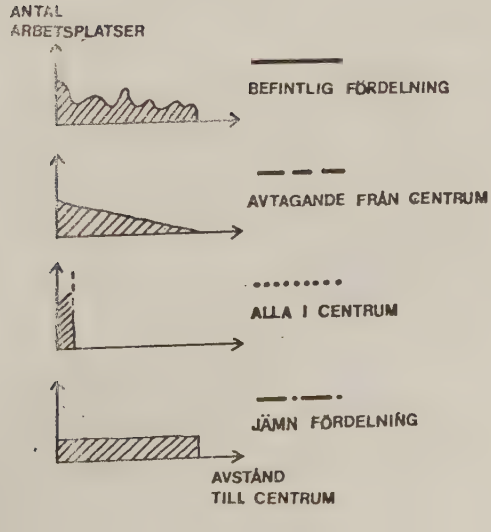


FIG. 5.20

Restider med buss till arbetet vid fyra olika fördelningar av arbetsplatser - den befintliga och de tre hypotetiska alternativen.

medelrestider viktade med resbehov som beräknats dels med enbart potentialer (antal arbetsplatser), dels med en gravitationsmodell, där hänsyn tagits till resefterfrågans avståndsberoende.

Det första fallet, där vi antar att valet av arbetsplats och/eller bostad inte är beroende av avståndet mellan dem, kan t ex svara mot mycket specialiserad och högavlönad arbetskraft med så stora krav på bostaden att det i stort sett inte finns några alternativa bostadslägen och med mycket små möjligheter att välja arbetsplatsens läge. Det andra fallet, där man antar att bostad och arbetsplats väljes så att man strävar att minska resavståndet mellan dem, svarar närmast mot arbetskraft som har möjlighet att välja mellan flera olika arbetsplatser och/eller som inte har så stora krav på bostaden att deras val av bostadslägen är starkt begränsade.

Till en början kan vi helt naturligt konstatera att restiderna blir absolut sett längre, om man antar, att resorna inte är avståndsberoende.

Jämförelsen mellan de olika alternativen faller också ut olika, om man beaktar avståndsberoendet eller ej.

Om man antar, att valet av arbetsplats och/eller bostad inte är avståndsberoende så är det mest förmånligt ur tillgänglighetssynpunkt att förlägga alla arbetsplatser i centrum. De alternativ som innebär en utspridning är sämre än den befintliga lokaliseringen (se figur 5.21).

Om man antar, att valet av arbetsplats och bostad sker med beaktande av resavståndet (med avståndsfunktion), så sker en del intressanta förändringar i alternativen jämfört med dagens arbetsplatsfördelning. Lokaliseringen av samtliga arbetsplatser till centrum är fortfarande ur tillgänglighetssynpunkt bättre än dagens fördelning. Skillnaden är dock mindre än i förra fallet. De två alternativ som innebär en jämnare fördelning av arbetsplatserna än dagens medför, att såväl andelen långa som korta restider minskar. Man får alltså en mera jämlik tillgänglighet över hela tätorten än vad man har idag.

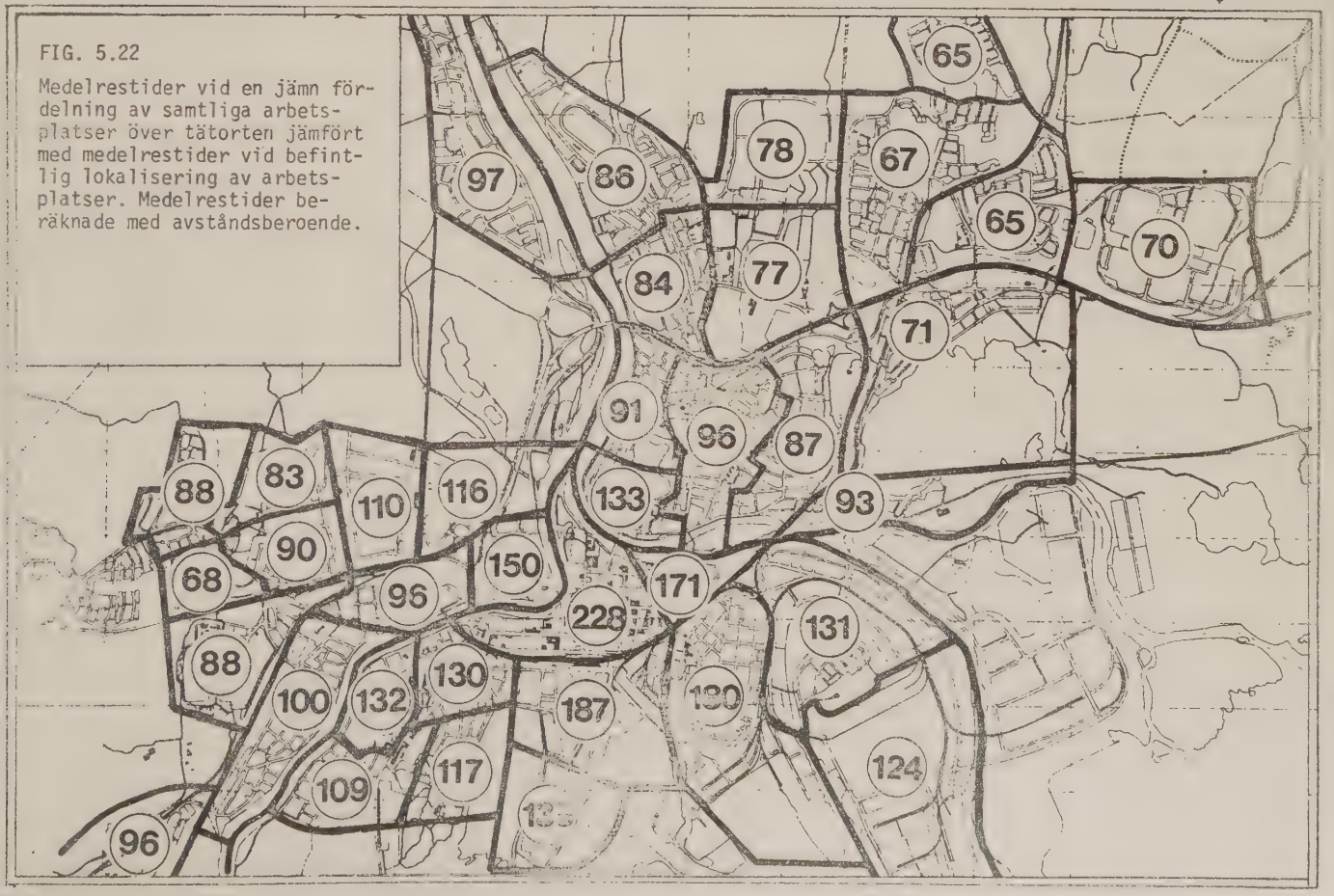
I figur 5.22 visas hur medelrestiderna för områdena förändras, om man antar en jämn utspridning av arbetsplatserna jämfört med dagens lokalisering. I figuren har medelrestiden för varje område vid antagande om en jämn arbetsplatsfördelning dividerats med medelrestiden vid dagens arbetsplatsfördelning. Kvoten har därefter multiplicerats med 100 för att ge ett indexmått.

FIG. 5.21

Antalet arbetsplatser per område.

FIG. 5.22

Medelrestider vid en jämn fördelning av samtliga arbetsplatser över tätorten jämfört med medelrestider vid befintlig lokalisering av arbetsplatser. Medelrestider beräknade med avståndsberoende.



Som framgår av figuren, förkortas restiderna i norr och väster, när man sprider ut arbetsplatserna, medan restiderna förlängs för de centrala och södra områdena. De här skillnaderna mellan olika delar av orten beror på att områdena i norr och väster idag är underförsörjda med arbetsplatser.

Studien visar, att en låg rörlighet på bostadsmarknaden med stora skillnader i boendekvalité mellan områden och en stark funktionsuppdelning på arbetsmarknaden med en åtskild lokalisering av de olika funktionerna leder till en ojämlik tillgänglighet mellan olika bostadsområden. Särskilt stora skillnader i tillgänglighet mellan olika områden uppkommer om arbetsplatserna koncentreras till centrum (svarar mot den prickade linjen i övre diagrammet i figur 5.20).

En stor rörlighet på bostadsmarknaden med en jämn boendekvalité i alla områden och en jämn fördelning av arbetsplatser med varierad funktion över regionen ger den mest jämlika tillgängligheten mellan olika bostadsområden (svarar mot den punktstreckade linjen i det undre diagrammet i figur 5.20).

5.5.2 Alternativ lokalisering av bostäder

Dagens fördelning av nattbefolkningen i Karlstad (se figur 5.23) uppvisar ett för många svenska tätorter typiskt mönster. Man har en relativt låg täthet i centrum. Utanför centrum i halvperifera lägen finns en del äldre högexploaterade områden och slutligen finns ett antal mycket tunga, nybyggda bostadsområden i perifera lägen.

Som ett intressant alternativ till dagens befolkningsfördelning har vi valt en förtätning av centrum med en motsvarande utglesning av de perifera bostadsområdena. För de här två fallen har vi studerat tillgängligheten vid besöksresor (besök av annan person i dennes bostad).

FIG. 5.23

Nattbefolkningen per område (1970)

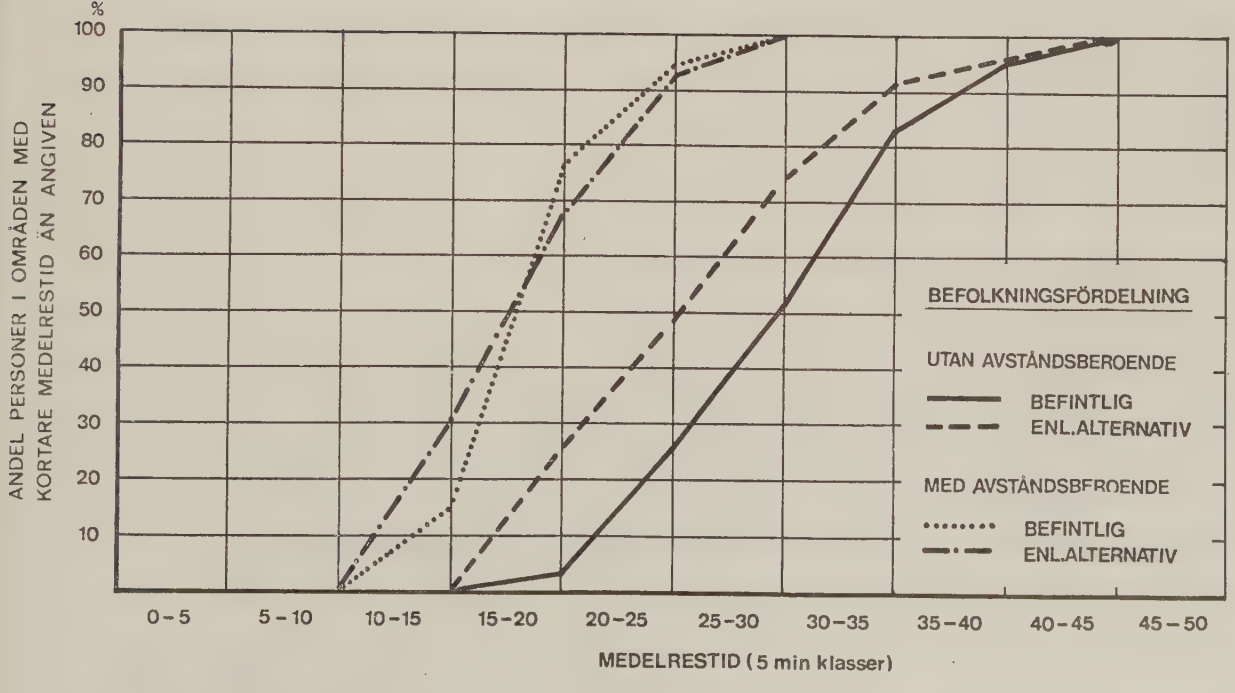


FIG. 5.24

Restider vid besök av andra personer i tätorten dels vid befintlig boendefördelning och dels vid en förtätning av boendet i centrum.

I figur 5.24 redovisas hur stor andel av nattbefolningen i Karlstad som bor i områden med medelrestider kortare än vissa angivna. Liksom i fallet med de alternativa arbetsplatslokaliseringarna har beräkningarna av medelrestider utförts med antagande om att resorna är dels icke avståndsberoende och dels avståndsberoende.

För en slumpmässigt vald grupp av individer har man inom tätorter kunnat konstatera ett klart avståndsberoende vid besöksresor. Det här kan förklaras av att man väljer bostad i närheten av sina vänner, att man väljer vänner i närheten av sin bostad eller att man besöker vänner som bor nära i större utsträckning än de som bor långt ifrån. I verkligheten torde det vara fråga om kombinationer av de olika effekterna.

För enskilda individer torde man dock i vissa fall av olika anledningar kunna finna att deras besöksresor ej uppvisar något avståndsberoende.

Vi har därför i den här studien valt att redovisa restider både med och utan antagande om avståndsberoende.

Liksom i fallet med arbetsplatslokaliseringen erhålles även här naturligt nog genomgående kortare restider, om man antar en avståndsberoende efterfrågan.

I fallet utan avståndsberoende ger alternativet med en förtätning av boendet i centrum genomgående kortare restider. Om man antar att besöksresorna är avståndsberoende reduceras restiderna för dem som flyttar till centrum, medan tiderna ökar för dem som bor kvar utanför centrum. Därigenom ökar de totala restidsskillnaderna. En koncentration till centrum ger sålunda såväl när det gäller bostäder som arbetsplatser en mindre jämlik transportstandard än en jämnare utspridning.

5.6 Jämförelse av tillgängligheten med buss och bil

Det föreligger avsevärda skillnader i restider mellan bil och buss.

Det har sin grund i flera principiella skillnader mellan ett linje- och tidtabellsbundet bussystem samt ett bilsystem. Först och främst är bussens avgång bunden till givna turintervall. I Karlstad varierar intervallen mellan 12 och 30 minuter. Med bil kan man däremot starta sin resa vid helt godtyckliga tidpunkter.

Bussen är vidare bunden till ett fast linjenät, i fallet Karlstad liksom i de flesta andra städer, ett radiellt nät. Det betyder att man främst mellan ytterområden kan få åka mycket stora omvägar samt

dessutom ofta tvingas byta. Vid resa mellan närliggande ytterområden är det inte ovanligt att man får åka 5 á 8 gånger fågelvägen mellan områdena. I bilsystemet är däremot i allmänhet omvägarna relativt begränsade. Hur stora omvägarna blir, sammanhänger med topografin och hur väl utbyggt gatunätet är, men i genomsnitt torde de uppgå till ca 20% av fågelvägsavståndet. Detta skall alltså jämföras med 400-700 % i extremfall i bussystemet.

En annan bidragande orsak till den låga reshastigheten i bussystemet är hållplatsuppehållen. Empiriska studier visar, att hållplatsuppehållen utgör 15-25% av den totala tiden från det att man stiger på bussen vid starthållplatsen till det att man stiger av vid målhållplatsen. Medelhastigheten på busslinjer i tätortstrafik ligger i allmänhet mellan 15-25 km/tim. Medelhastigheten vid en bilresa i en tätort torde uppgå till det dubbla. Slutligen är också gångavstånden till busshållplats ofta längre än till parkeringsplats.

I figur 5.25 har vi redovisat andelen områdesrelationer med restider som är mindre än angivna för bil respektive buss. Som framgår av figuren är den längsta restiden (inkl gång- och parkeringstid) med bil 15 minuter. Med buss är motsvarande maximala tid 65 minuter i det befintliga nätet.

Det bör dock noteras, att i restiden med buss ingår även den dolda väntetiden, vilken inte alltid upplevs som väntetid. Den dolda väntetiden torde t ex vid arbetsresor i medeltal uppgå till totalt 5 á 10 minuter.

I figur 5.26 redovisas fördelningen av kvoter i medelrestid per område mellan buss (befintligt nät) och bil vid olika viktningar av restiden. Kvoterna är störst, då alla områdeskombinationer ges samma vikt och minst, då restiderna viktas med arbetspendlingen enligt FOB-70. Orsakerna härtill har diskuterats i kapitel 5.3 ovan.

I det fall, då alla områdeskombinationer ges samma vikt, varierar kvoterna i medelrestid per område mellan buss och bil från 1,8 till 5,6, se figur 5.27. Vid viktning med arbetspendlingen varierar de mellan 1,1 och 3,7.

Ett annat sätt att illustrera den stora skillnaden i restid mellan bil och buss visas i figur 5.28. I figuren redovisas det antal arbetsplatser som man når vid olika restider med bil respektive buss.

De skrafferade ytorna anger variationsbredden mellan sämsta och bästa område.

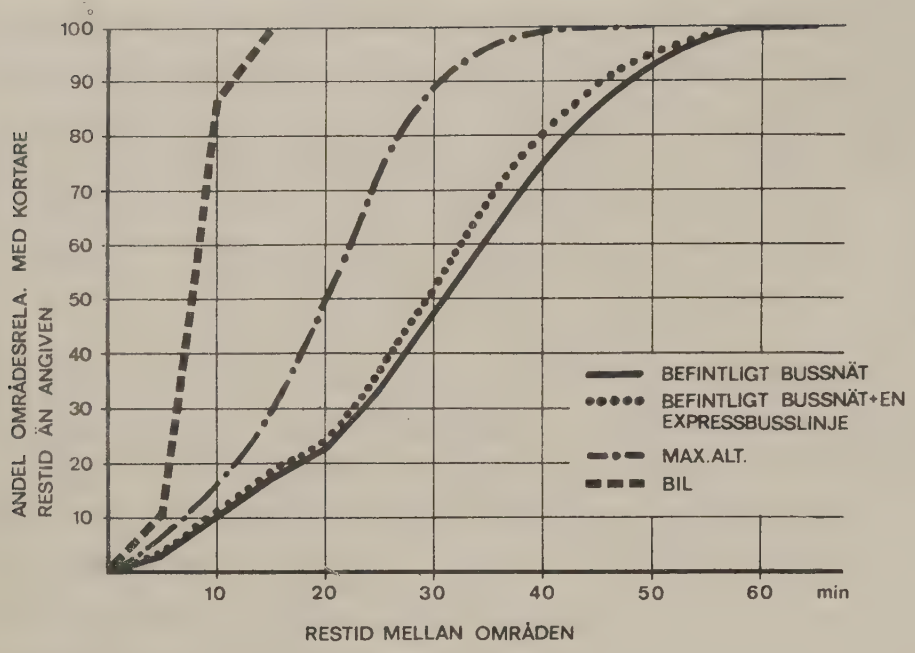
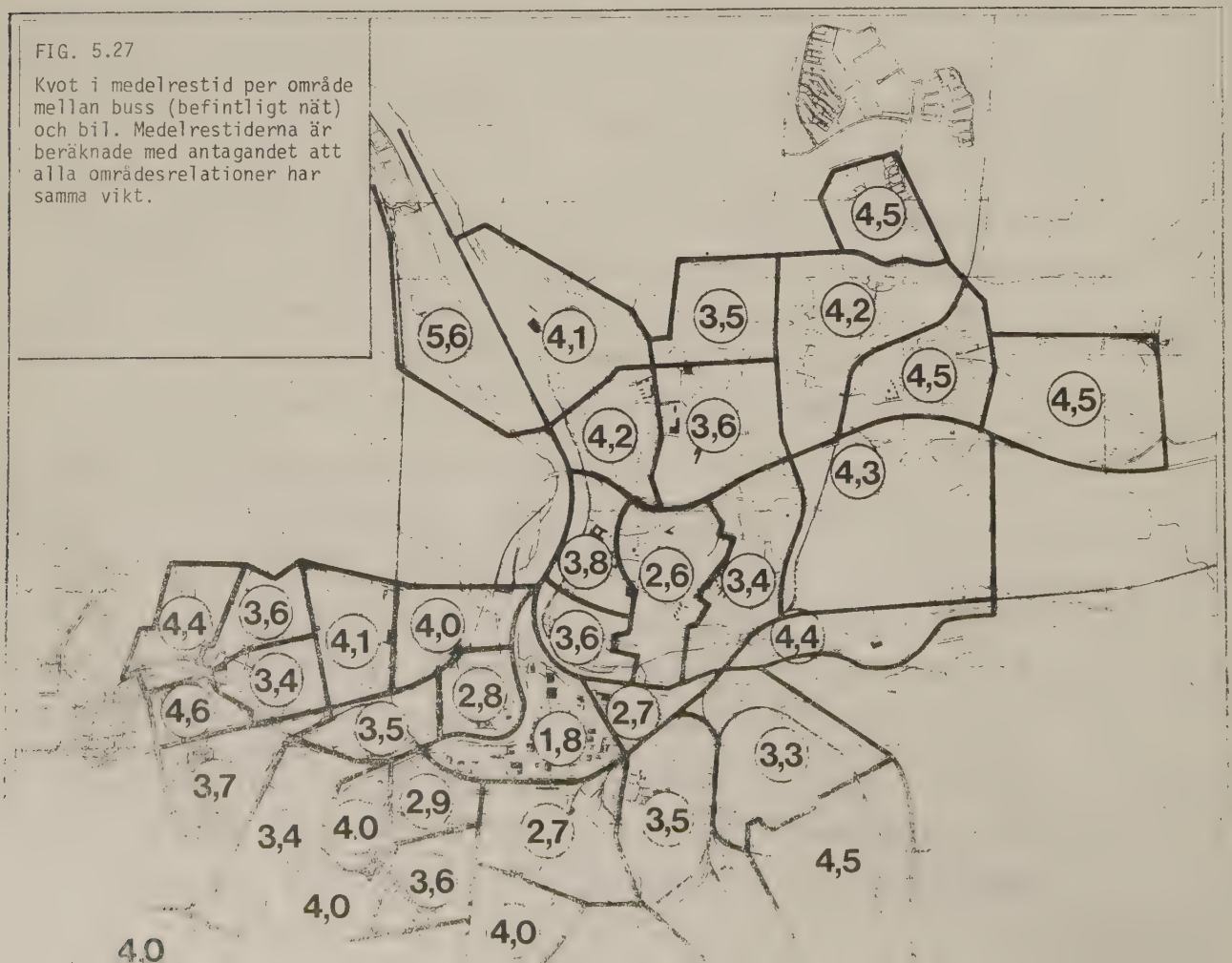


FIG. 5.25

Restider mellan områden med bil, befintligt byssystem med resp. utan en expressbusslinje samt med ett högklassigt bussystem "MAXALT".

FIG. 5.27

Kvot i medelrestid per område mellan buss (befintligt nät) och bil. Medelrestiderna är beräknade med antagandet att alla områdesrelationer har samma vikt.



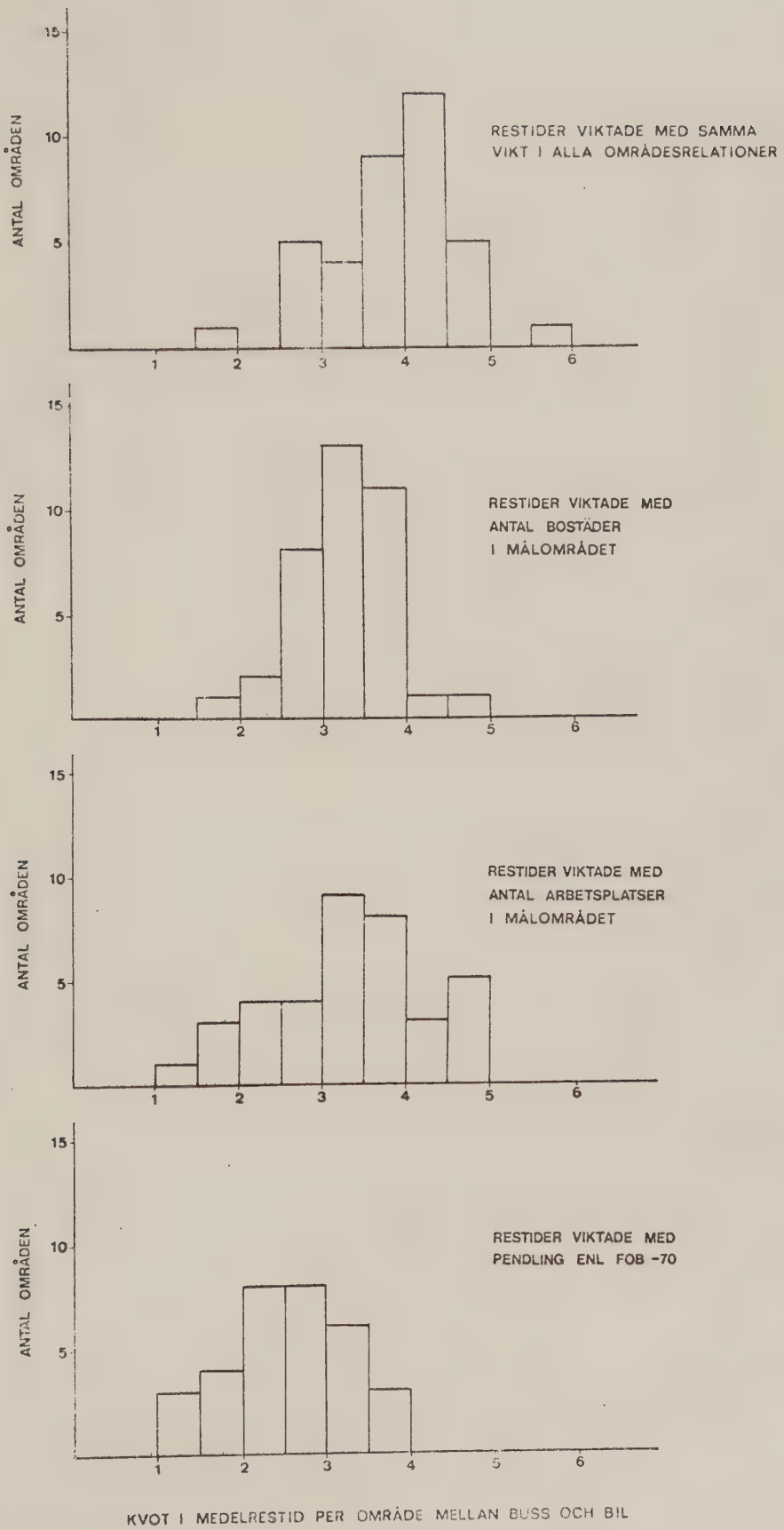


FIG. 5.26 Fördelningen av kvoten i medelrestid per område mellan buss och bil vid olika viktningar av restider.

För varje område har bildats kvoten i medelrestid mellan buss och bil vid viktning med olika resbehovsmått. Därefter har beräknats antalet områden med kvoter inom olika klasser.

Förutom att bilen är helt överlägsen när det gäller maximala restider, uppvisar bilsystemet också en betydligt mindre spridning i restider mellan sämsta och bästa område.

5.7 Förändringar av tillgängligheten vid förbättringar av befintligt bussystem

Som framgått av framställningen ovan förekommer det mycket långa restider med buss mellan vissa ytterområden i Karlstad. Samma problem torde finnas i flertalet städer av samma storleksordning.

En åtgärd, som ofta föreslås för att komma tillrätta med de långa restiderna mellan ytterområden, är att införa tangentiella expressbusslinjer. Vi har därför studerat inverkan på tillgängligheten av en sådan expressbusslinje mellan områdena i nordost och väster i Karlstad (se figur 5.2).

Vi har också studerat ett bussystem bestående av dagens linjenät med en kraftigt höjd turtäthet samt kompletterat med två expressbusslinjer i tangentiella riktningar, se figur 5.2. Det här systemet skall inte ses som ett förslag till realistiskt alternativ, utan avsikten är endast att visa storlekordningen på den förbättring av restidsförhållandena som kan åstadkommas inom ramen för ett linje- och tidtabellsbundet bussystem.

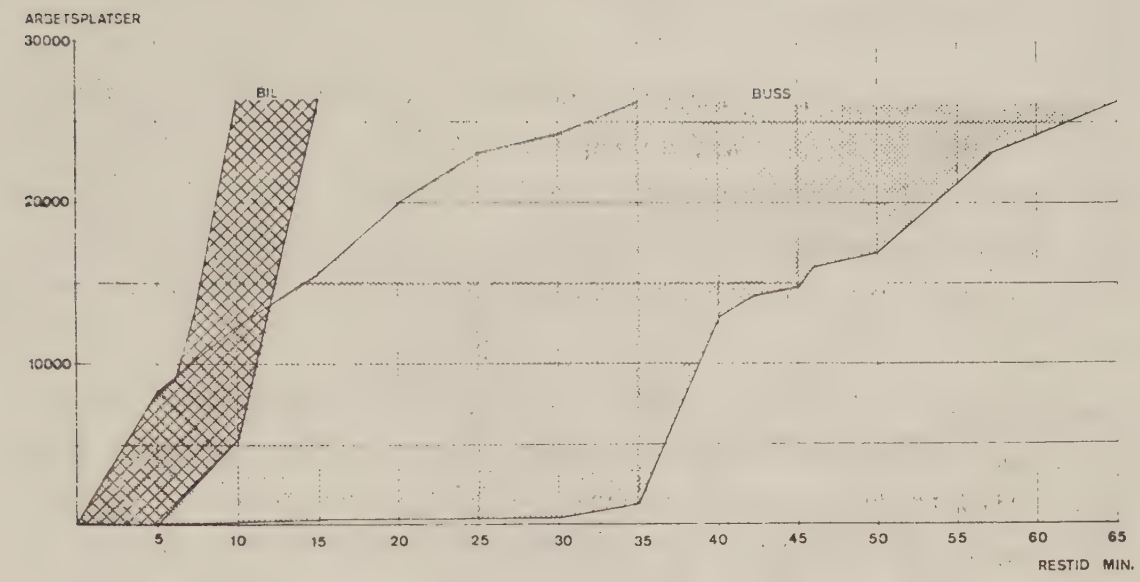


FIG. 5.28 Antalet arbetsplatser som nås vid olika restider med bil respektive buss.

De markerade ytorna visar den totala variationsbredden mellan bästa och sämsta område i varje restid. Bussrestiderna avser befintligt nät, högtrafik och vinterturlistan 73/74.

FIG. 5.29

Minskning av medelrestiden (alla områdesrelationer har getts samma vikt) per område vid införandet av en expressbusslinje. Expressbusslinjen är markerad med en streckad linje.

5.7.1 Restidsförändringar vid införande av en tangentiell expressbusslinje

I figur 5.25 redovisas summapolygoner över restider med buss mellan områden, dels utan dels med en expressbusslinje. Linjens turintervall har satts till 20 minuter. Dess sträckning framgår av figur 5.29, som även visar minskningen i medelrestid per område (medelrestid beräknad med samma vikt för alla områdesrelationer) vid införande av expressbuss.

Som framgår av figur 5.25 är vinsterna om man betraktar hela regionen blygsamma. Vissa områden har dock fått ordentliga förbättringar. Detta gäller främst de perifera områden som ligger alldeles intill expressbusslinjen. Här har man fått reduktioner av medelrestiden på upp till 6 minuter. För att uppnå samma vinster i det befintliga nätet skulle turtätheterna på de aktuella linjerna ha behövt fördubblas.

Av figur 5.30 framgår, att restiderna mellan vissa områden reducerats avsevärt vid införandet av expresslinjen. Restidsreduktionerna uppgår till maximalt ca 25 minuter. (Orsaken till att vinster, som understiger 5 minuter, ej redovisas är att de kan bero på ofullkomligheter i det datorprogram som beräknar restiderna och ej med säkerhet är en effekt av tillkomsten av expressbusslinjen.)

Kostnaderna för att driva expressbusslinjen med samma trafikeringstid och samma grad av utglesning under lågtrafik som tillämpas på övriga linjer, beräknas uppgå till ca 650 000 kr/år i 1975 års priser. Någon märkbar total ökning av intäkterna torde man knappast kunna påräkna. Däremot sker en omfördelning från befintliga linjer till expressbusslinjen.

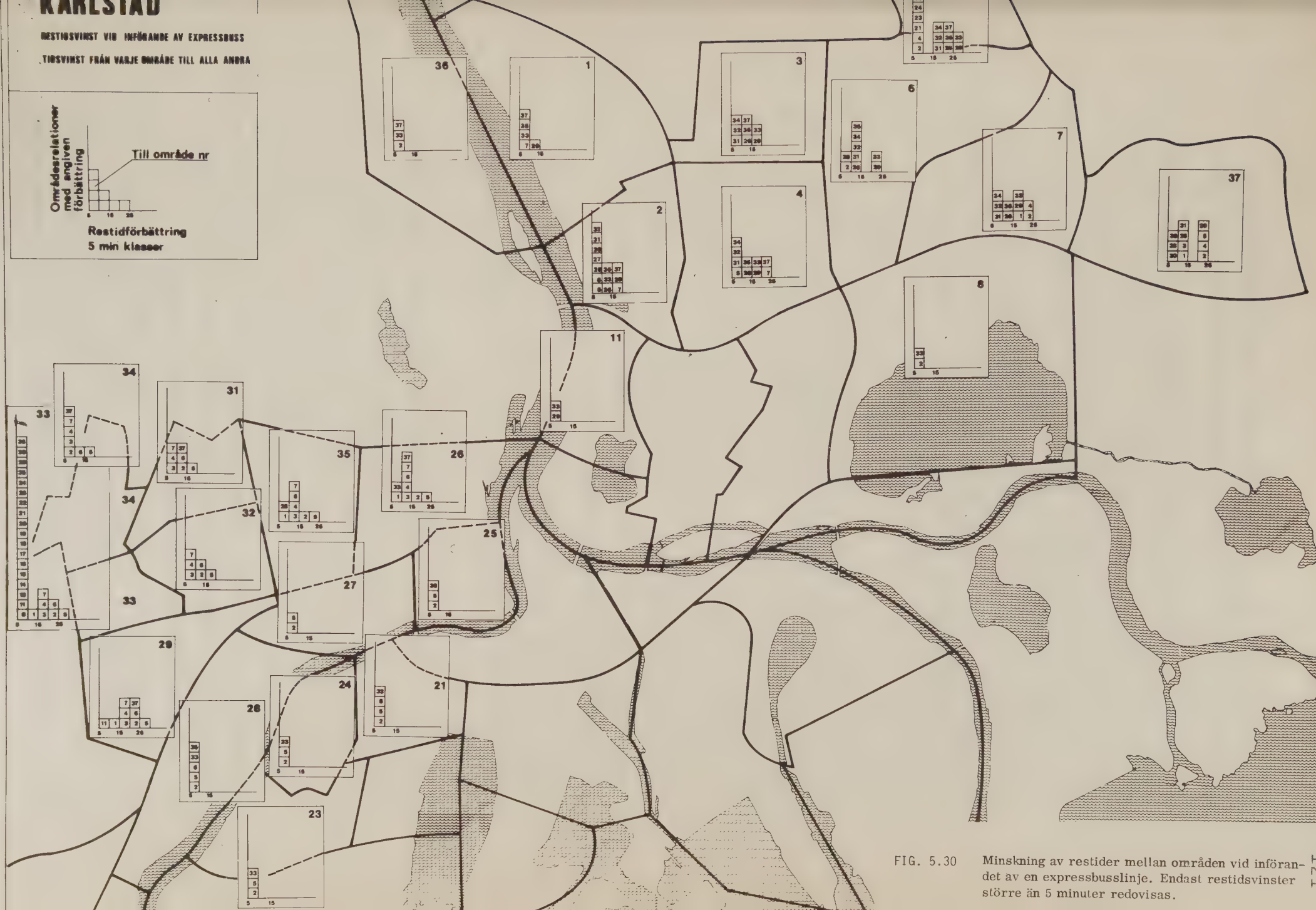


FIG. 5.30 Minskning av restider mellan områden vid införandet av en expressbusslinje. Endast restidsvinster större än 5 minuter redovisas.

5.7.2 Restidsförändringar vid införande av två expressbusslinjer samt en kraftig höjning av turtätheten på befintliga linjer

Den relativt dagens system höga standarden har uppnåtts genom att förutom den expressbusslinje som studerats ovan införa ytterligare en mellan områdena i nordost och sydost, se figur 5.2. Turintervallen på båda expressbusslinjerna har satts till 5 minuter. Vidare har turintervallen på samtliga andra befintliga linjer satts till 5 minuter.

Detta bussystem skall, som redan påpekats ovan, inte ses som något genomarbetat förslag till ett högklassigt bussnätsalternativ. Det skall endast betraktas som ett exempel med vilket vi velat belysa nivån på den standard som kan uppnås med den här typen av bussnät.

Vid så korta turintervall, som tillämpas i det här systemet, har det visat sig, att resenärerna i allmänhet inte längre bryr sig om att hålla rätt på tidtabellen, utan ankommer slumpmässigt till hållplatsen. Busstrafiksystemet medger då en hög grad av flexibilitet vad avser val av restidpunkt.

Det högklassiga busstrafiksystem som skisseras här torde med tanke på de mycket höga kostnaderna inte vara realistiskt idag. Systemet beräknas kosta ca 40 milj kr i 1975 års priser. Denna kostnad skall jämföras med kostnaderna för dagens linjebundna busstrafik i Karlstad, som för 1975 beräknas uppgå till ca 8 miljoner.

Syftet med studien är, som påpekats vid flera tillfällen, främst att belysa, om det är möjligt, att med ett rimligt, konventionellt, linjebundet busstrafiksystem komma i närheten av den höga tillgänglighet som bilen erbjuder.

I figur 5.25 redovisas andelen områdesrelationer med restider kortare än angivna för olika transportsystem. Det här beskrivna högklassiga alternativet benämnes i figuren "MAXALT". Som framgår av figuren, har vi genom den mycket kraftiga satsningen på busstrafiken, som maxalt innebär, endast nått halvvägs mot bilens restider. De längsta restiderna i dagens bussystem har emellertid reducerats mycket kraftigt. 90 percentilen har minskat från ca 50 miuter till 30 minuter. Medianrestiden har minskat från 30 till 20 minuter. Det visar sig, att förbättringarna är proportionella mot restidens absolutvärde.

I figur 5.31 jämföres restiderna för att nå arbetsplatser inom tätorten med bil, befintligt bussnät och maxalt. Ytorna i figuren för de olika transportsystemen avgränsas av restiderna för bästa och sämsta område. Den här figuren, som alltså avser arbetsresor, uppvisar samma tendens

som föregående. Maxalt har reducerat restiderna väsentligt. Bilen är dock fortfarande överlägsen vad avser restider. Av den här figuren framgår också, att maxalt har en mindre spridning mellan sämsta och bästa område än vad som är fallet i det befintliga bussnätet.

Figur 5.32 illustrerar skillnaderna i tillgänglighet mellan områden i tätorten för de två bussystemen på ett annat sätt. Figuren baseras på en beräkning av kvoten i medelrestid mellan varje område och det bästa området för vart och ett av bussystemen. Kvoterna har omräknats till index genom multiplikation med 100. I figuren har för vart och ett av bussystemen avsatts andelen områden med index inom vissa intervall dels vid beräkning av medelrestider, där alla områdesrelationer givits samma vikt dels vid viktning med pendlingen enligt FOB-70.

Figuren visar, att oavsett vilken viktning som användes vid beräkningen av medelrestiderna, så är andelen områden med betydligt längre restider än det bästa områdets mindre i maxalt än i det befintliga nätet. Maxalt minskar alltså skillnaderna i tillgänglighet mellan områden inom tätorten.

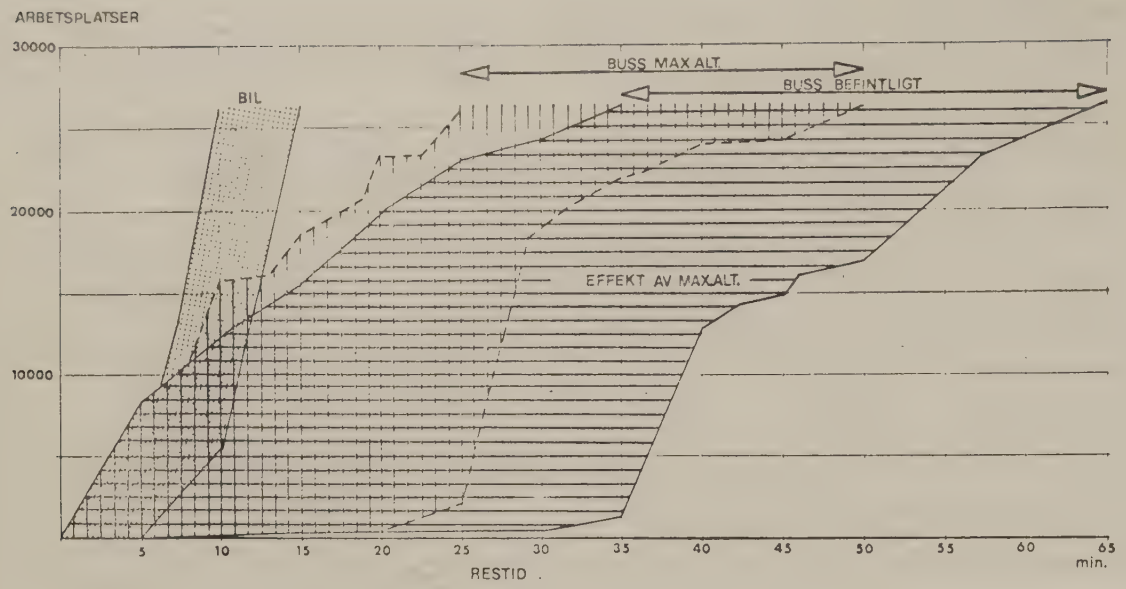
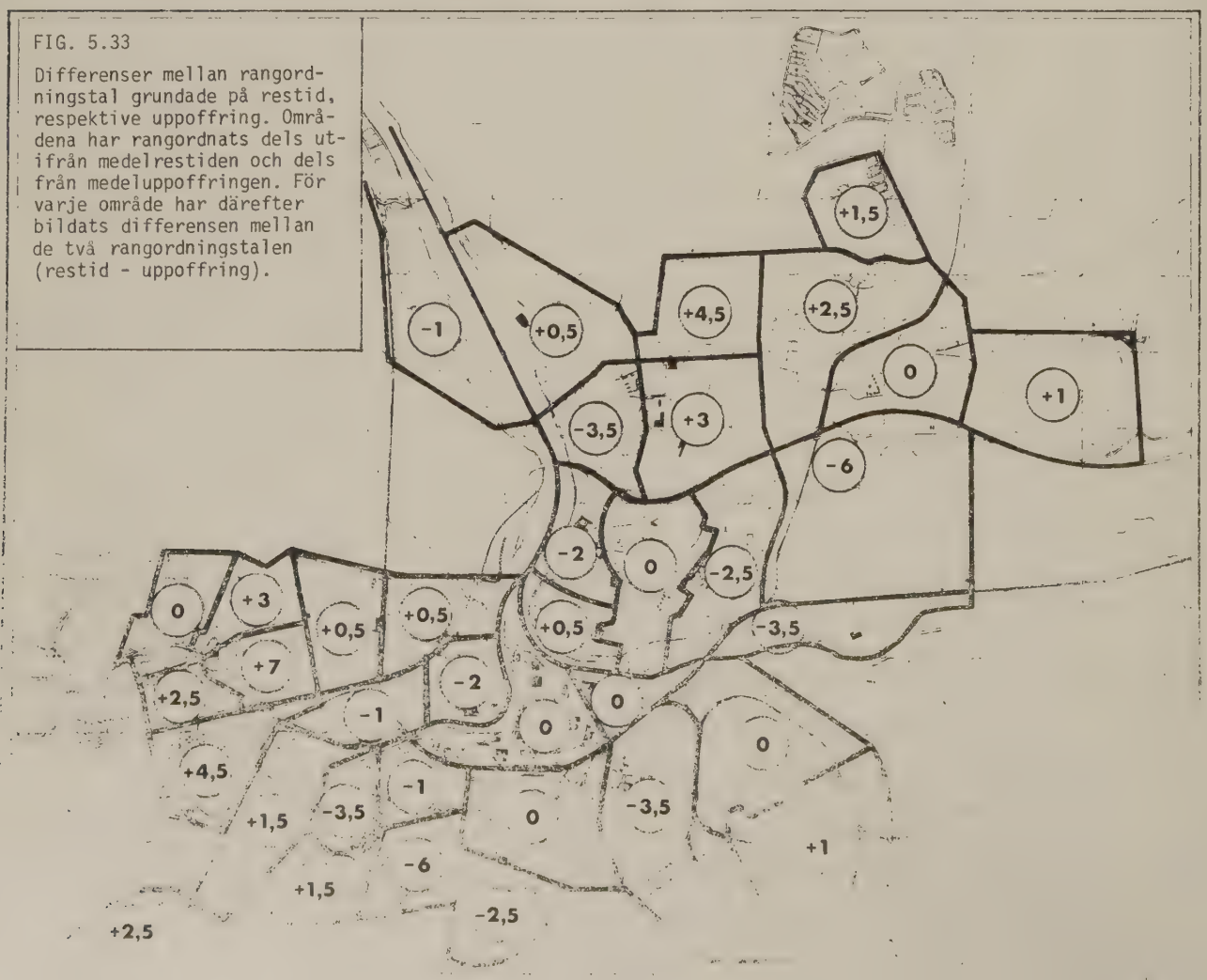


FIG. 5.31

Restider till arbetsplatser från alla områden med bil, befintligt bussnät och med ett högklassigt bussnätsalternativ, "MAXALT". Ytorna för de olika transportsystemen begränsas av sämsta resp. bästa område.



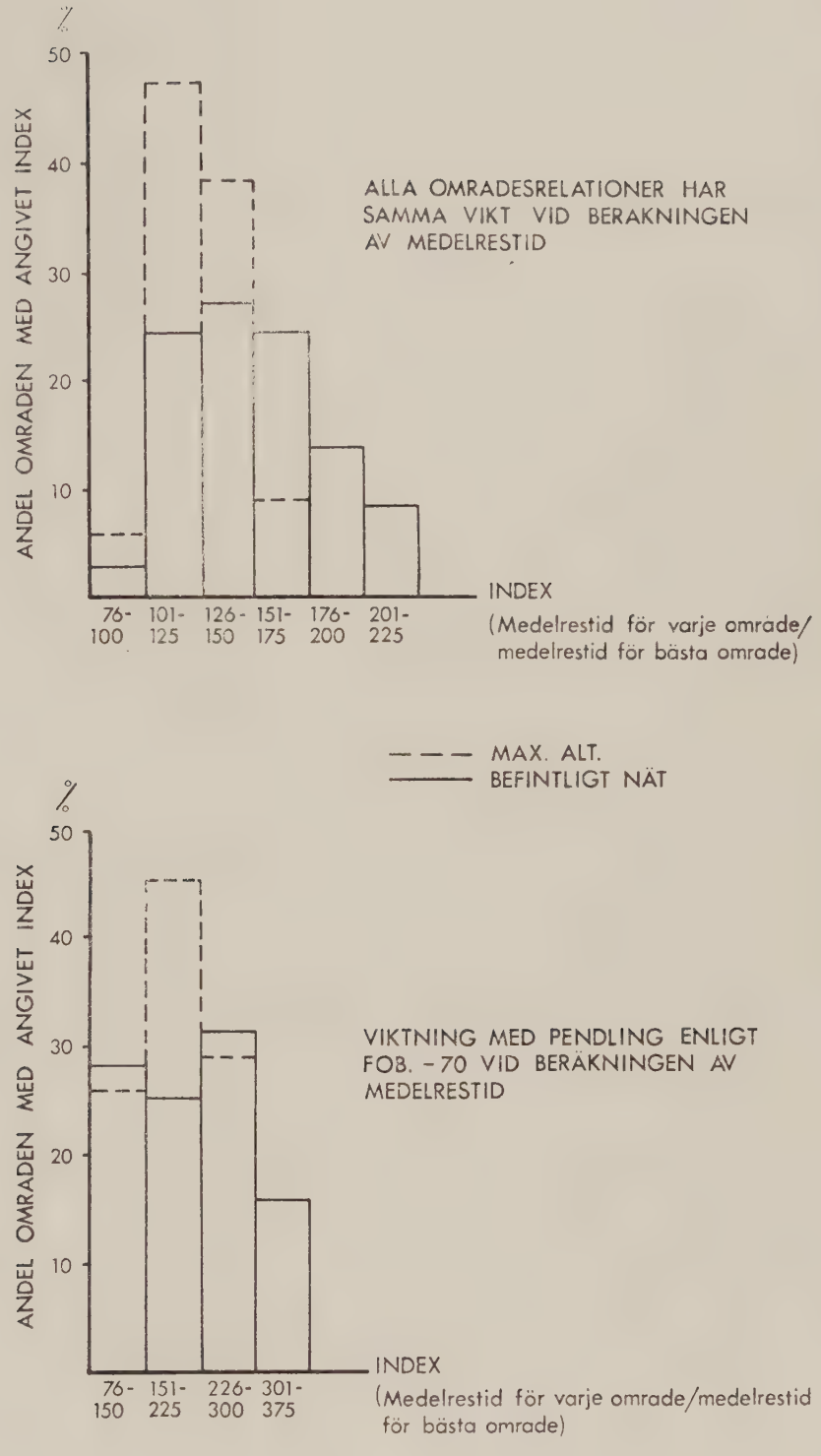


FIG. 5.32 Fördelningen av restidskvoter (kvoten har multiplicerats med 100 för bildande av index) mellan varje område och området med minsta medelrestiden. Vid beräkningen av medelrestiden har viktning skett dels med pendlingen enligt FOB.-70 och dels så att alla områdesrelationer givits samma vikt.

5.8 Jämförelse av parametrarna restid och resuppoffring som mått på standard samt exempel på metoder att redovisa resuppoffring

I exemplen ovan har vi endast redovisat rena restider. Det har funnits flera anledningar till detta. Dels är restiden i sig en mycket viktig resstandardfaktor. Den är i många fall avgörande för möjligheterna att deltaga i olika samhällsaktiviteter - speciellt för sådana grupper i samhället som har en hårt ansträngd tidsbudget, såsom t ex förvärvsarbetande småbarnsföräldrar. Dels kan den totala resuppoffringen behandlas och redovisas på samma sätt som restiden.

Vi vet emellertid, att olika delar av restiden upplevs olika besvärande. Väntetiden upplevs som betydligt mera obekväm än åktiden och gångtiden som något mera obekväm än åktiden. Det här innebär, att det inte är tillräckligt att redovisa de rena restiderna, om man vill beskriva hur resenärerna upplever ett transportsystem.

Man måste också på något sätt redovisa hur restiden upplevs, d v s resuppoffringen (se kapitel 2).

För att få en uppfattning om hur stora skillnaderna är mellan en redovisning i restid och resuppoffring i ett verkligt nät, har vi gjort en jämförelse av de två måtten i Karlstad. Med hjälp av vart och ett av måtten har vi rangordnat områdena i Karlstad. Därefter har vi bildat differenser mellan rangordningstalen för varje område, se figur 5.33.

Huvudparten av områdena rangordnas ungefär lika oavsett om restid eller resuppoffring användes som parameter. Det finns dock ett antal områden för vilka differenserna är betydande. Vissa områden har en negativ differens. Det betyder, att de får en relativt sett bättre placering, om man mäter i ren restid än i uppoffring. Det gäller områden, som har en relativt kort restid till centrum, men endast har tillgång till en linje och därmed får en låg turtäthet och många byten. Sådana områden är t ex 2, 8, 13, 16, 22 och 24. Områden med en positiv differens har en relativt övriga områden lägre medeluppoffring än medelrestid. Dessa områden karakteriseras av relativt lång restid till centrum, men tillgång till flera linjer och därigenom god turtäthet samt krav på få byten för att komma till andra områden. Det här gäller främst områdena 3, 29 och 32 samt i någon mån även 4 och 31.

Av det här exemplet kan man dra slutsatsen, att en redovisning som enbart baseras på rena restider inte på ett tillfredsställande sätt förmår beskriva standardskillnaderi fråga om turtäthet och bytesvillkor.

Om man vill redovisa den totala uppoffringen, kan detta ske på två olika sätt. Man kan dels beräkna uppoffringstal, så som beskrives i kapitel 4.5.1 ovan, d v s man summerar restidens olika delar med vikter som anger bekvämligheten. Man kan också komplettera redovisningen av rena restider med separata redovisningar av turtätheter, gångavstånd, bytesvillkor etc.

Nackdelen med en redovisning byggd på uppoffringstal, se figur 5.34, är, att de uttrycks i en enhet som inte direkt kan associeras till förhållanden i verkligheten. Problemet med en särredovisning av turtäthet, gångavstånd och bytesvillkor (plus eventuellt andra bekvämlighetsvariabler) är, att den ökar komplexiteten på den information som man måste ha för att kunna bilda sig en uppfattning om den totala standarden. I praktiken får man troligen den bästa informationen, om man använder båda typerna av redovisning kombinerade på lämpligt sätt i en stegvis bedömning av den totala standarden.

I figur 5.35 visas exempel på hur bytesförhållandena per område kan redovisas. Figuren anger antalet byten som krävs för att nå samtliga 36 områden. Den ger en god bild av hur linjenätet är uppbyggt. Områdena 20 och 36, som har det största antalet byten, förbinds med samma linje. Från denna linje når man endast 4 andra områden (exkl start- och målområden) utan att byta. Motsvarande figurer kan även tas fram för gångtider och väntetider. Man kan också göra sammanfattningar för hela tätorten.

I exempel 5.9 nedan jämföres standarden i ett taxibussystem med ett konventionellt bussystem med hjälp av såväl ren restid som resuppoffring. Även där visar det sig att jämförelsen faller något olika ut om restid eller resuppoffring användes som standardparameter.

FIG. 5.34

Medelresuppoffring per område. Vid beräkningen av medelresuppoffringen har samtliga områdesrelationer getts samma vikt. Uppoffringar för en viss relation har beräknats enligt följande:

Uppoffringen = 1,0 åktid + 2,5 väntetid (inkl. byte) + 1,75 gångtid.

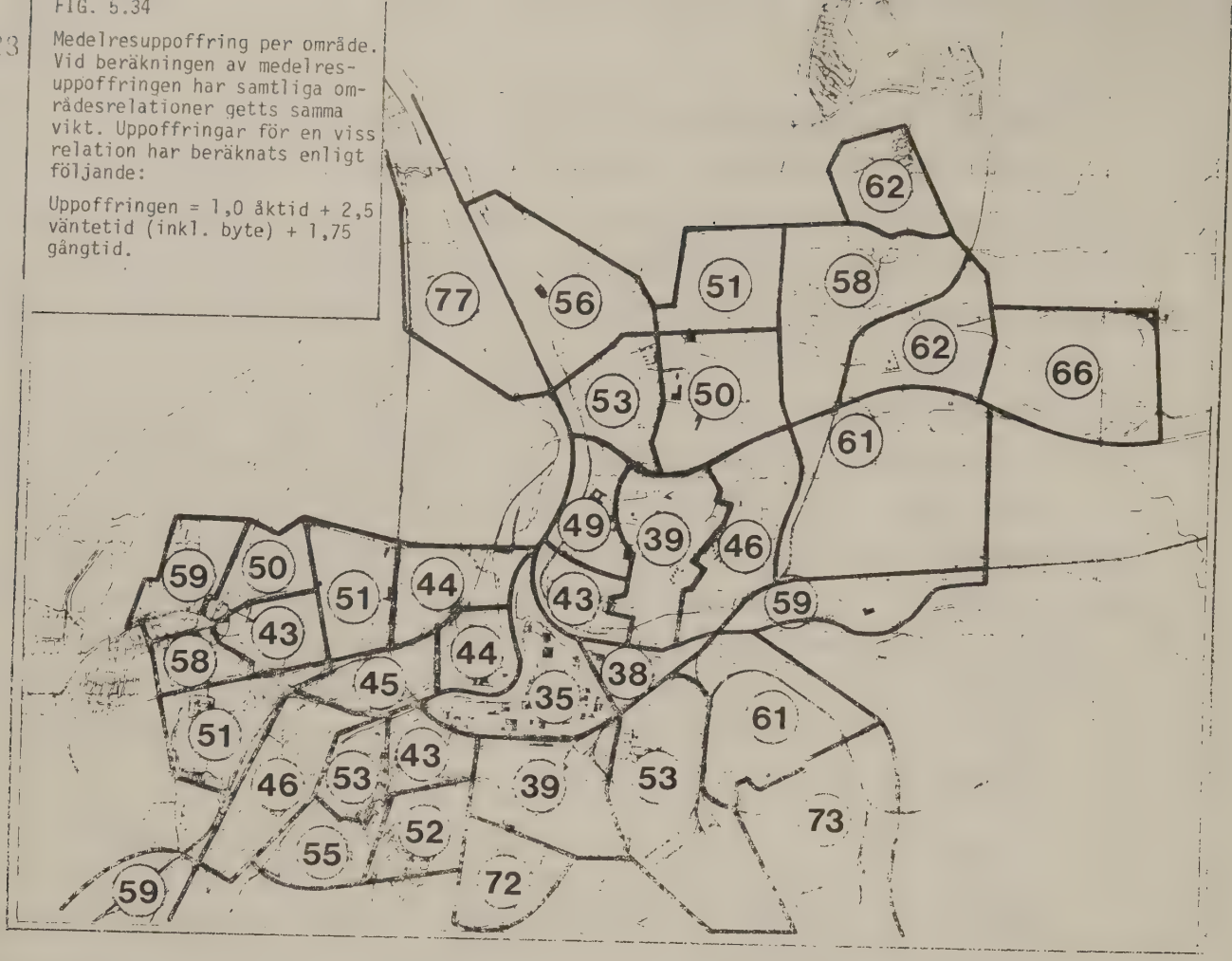
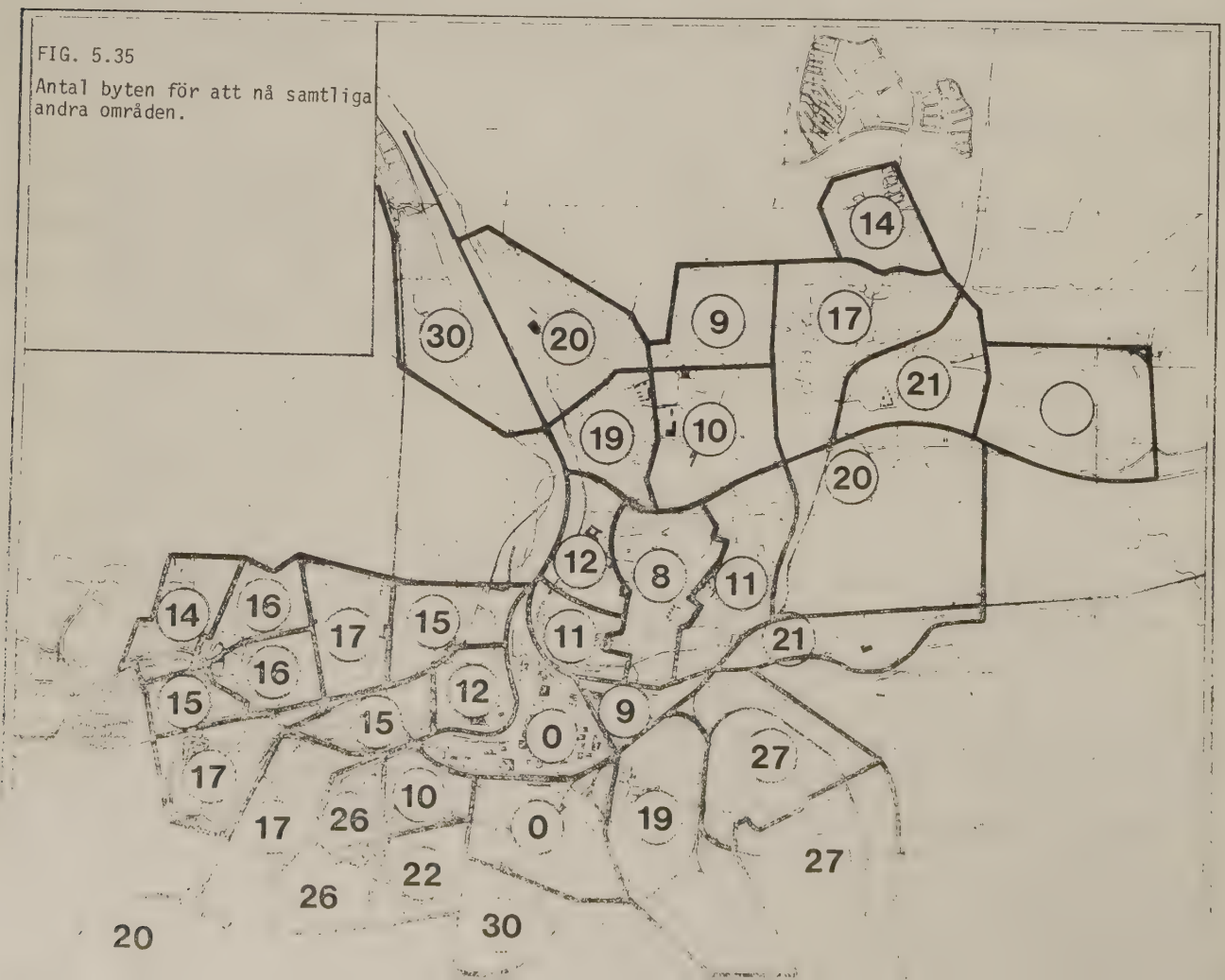


FIG. 5.35

Antal byten för att nå samtliga andra områden.



5.9 Jämförelse av standarden i ett konventionellt linje- och tidtabellsbundet bussystem och taxibuss

Det här exemplet beskriver en jämförelse mellan det konventionella, linje- och tidtabellsbundna bussystemet och ett simulerat taxibussystem i Linköpings tätort.

Simuleringen av taxibussystemet har utförts av civ ing Sture Bjelkåker vid SAAB-SCANIA i Linköping.

Avsikten har i första hand varit att jämföra den restidsstandard som de två systemen erbjuder. Systemens kostnader ha behandlats mera översiktligt. De organisatoriska problemen vid taxibussdrift har inte alls behandlats.

Jämförelsen avser en söndag och omfattar huvudsakligen besöksresor, serviceresor och rekreationsresor. Anledningen till att söndagstrafiken valts för jämförelsen är att resefterfrågan under dagtid på vardagar är för stor för att enbart ett taxibussystem skall klara av denna trafik till rimliga kostnader. Denna slutsats har man dragit vid tidigare simuleringar, se Bjelkåker (1975).

En av taxibussens största fördelar är att resenären i hög grad själv kan bestämma när han skall åka. Han är ej bunden till vissa givna bussavgångar. Denna fördel jämfört med ett konventionellt bussystem blir naturligtvis mer märkbar ju längre turintervallen är i det konventionella bussystemet.

Andra viktiga fördelar är att man slipper byta och att man i många resrelationer kan åka en genare väg och att man blir transporterad från dörr till dörr.

En nackdel med taxibussen är att man ej riktigt vet när man kommer fram till målet. Det beror nämligen på hur många passagerare som tas upp på vägen och hur stor omväg som därigenom uppkommer. Problemet kan i viss utsträckning lösas genom att man förutbeställer resan och därigenom garanteras en viss senaste ankomsttidpunkt. (Denna möjlighet har ej varit möjlig att beakta här p g a begränsningar i simuleringsprogrammet.)

I den här studien har vi varit speciellt intresserade av att studera hur den nämnda osäkerheten i framkomsttiden påverkar taxibussens standard jämfört med den konventionella bussens. För bussen kan man normalt relativt väl beräkna framkomsttiden.

Vi har utnyttjat begreppet dold väntetid och några olika tillgänglighetsbeskrivningsmodeller för att mäta skillnaderna i standard mellan de två systemen.

5.9.1 Beräkning av resstandard

Dold väntetid

Som nämnts ovan har vi varit speciellt intresserade av att belysa skillnader mellan taxibuss och konventionella bussystem vad avser möjligheterna till fritt val av restidpunkt samt betydelsen av att på förhand kunna beräkna ankomsttidpunkten till målet.

Båda de här egenskaperna har vi mätt med hjälp av begreppet dold väntetid. Innebörden av begreppet har förklarats i kapitel 2.4.1 ovan.

Beräkning av restider i det befintliga bussnätet

Restider i det befintliga bussnätet har beräknats med hjälp av datorprogrammet LINA, se Grufman et al (1975).

Detta program beräknar restider mellan alla hållplatser i nätet. Med hjälp av dessa restider beräknas därefter restider mellan områden.

Restiderna mellan hållplatser bestämmes med utgångspunkt från åktider mellan hållplatser samt genomsnittliga turintervall på varje linje. Med utgångspunkt från turintervallen beräknas väntetider vid hållplats, bytestider och dolda väntetider.

Beräkning av restider med taxibuss

Restider med taxibuss har beräknats med hjälp av ett simuleringsprogram som utvecklats av forskargruppen OPTKOLT vid Linköpings högskola.

Programmet arbetar till skillnad från vissa tidigare simuleringsprogram med körtider i ett verkligt vägnät.

Inputen till programmet består av en vektor med resor i kronologisk ordning. För varje resa anges startpunkt, målpunkt och tidpunkt för resan.

I den här studien har resornas fördelning mellan områden hämtats ur en resmängdsmatris beräknad med hjälp av en gravitationsmodell, se vidare nedan. Resornas start- och målpunkter inom områden har slumpats från en Poissonfördelning.

Restider mellan områden har beräknats med hjälp av en kortastevägalgoritm med basis av uppgifter om medelhastigheter på vägnätet.

För varje resanrop undersöks med hjälp av en algoritm vilken buss som skall utföra transporten, (se bilaga 1).

Beräkning av resefterfrågan

Resefterfrågan har som nämnts ovan beräknats med hjälp av en gravitationsmodell. Antalet resor har i taxibussystemet antagits vara samma som i det befintliga bussnätet under en söndag.

Resor mellan områden har beräknats för en resändamålsfördelning som med ledning av uppgifter ur resvaneunderökningar från jämförbara städer kan antagas vara typisk för en söndag.

Följande fördelning på ändamål har utnyttjats:

Ändamål	Andel av samtliga resor (%)
boende-boende	35
boende-service	30
boende-matställe	5
boende-rekreation	30

Som avståndsfunktion har använts följande uttryck:

$$f(t_{ij}) = \begin{cases} e^{0,005\ t_{ij}} & 0 < t_{ij} < 300 \text{ sek} \\ 8,17 \cdot e^{-0,002\ t_{ij}} & t_{ij} \geq 300 \text{ sek} \end{cases}$$

där t_{ij} = restider med taxibuss

Vi har sålunda antagit samma fördelning av resefterfrågan för taxibuss och för det befintliga bussystemet, se figur 5.36.

Som framgår av figuren föreligger en viss koncentration av resandet mot centrum. Det förekommer dock en hel del resor även i tangentiell riktning. Eftersom inga arbetsresor antages förekomma, saknas resor helt till vissa områden.

FIG. 5.36 Resornas fördelning mellan områden i tätorten

5.9.2 Jämförelse av standard mellan taxibuss och befintligt bussystem

Definition av använda standardmått

Syftet med den här studien har som nämnts tidigare främst varit att jämföra restidsstandarden i ett taxibussystem med ett konventionellt bussystem. Möjligheterna att fritt kunna välja tidpunkten för en resa utgör en mycket väsentlig del av standarden. Som ett mått på denna möjlighet har vi här valt den dolda väntetiden.

För att belysa inverkan av den dolda väntetiden har vi beräknat restider med och utan dold väntetid. Vi har också gjort ett försök att uppskatta andelen resenärer som vid den antagna resändamålsfördelningen (se kapitel 2.4.1 ovan) kan antagas ha fixa tider att passa och därmed kan antagas uppleva den dolda väntetiden. Vi har därvid utnyttjat resultat från en resvaneundersökning i Malmö (Wallström, 1976). I denna redovisas för olika resändamål, hur stor andel av de intervjuade som ansåg sig har en fix tid att passa.

Resändamål	Andel med fix tid att passa	Andel av resorna i denna studie
besöksresor	0,20	0,35
serviceresor	0,11	0,30
restaurangbesök	0,0	0,05
rekreationsresor	0,48	0,30

En uppskattning av andelen resenärer som kan antagas beakta den dolda väntetiden erhålles genom att bilda en vägd summa av andelarna med fix tid att passa för de olika resändamålen. Som vikter användes andelarna resor med respektive resändamål.

$$\frac{0{,}20 \cdot 0{,}35 + 0{,}11 \cdot 0{,}30 + 0 \cdot 0{,}05 + 0{,}48 \cdot 0{,}30}{0{,}35 + 0{,}30 + 0{,}05 + 0{,}30} \approx 0{,}25$$

Förutom rena restider har även beräknats den totala resuppoffringen. Även denna har beräknats med och utan hänsyn till den dolda väntetiden. Den dolda väntetiden antages upplevas ungefär lika besvärande som åktiden, d v s den antages ha vikten 1 för de resenärer som beaktar den.

Sammanfattningsvis har följande mått beräknats:

Ren restid utan dold väntetid	(1)	$t_g + t_v + t_å + t_b$
Resuppoffring utan dold väntetid	(2)	$1{,}75 \cdot t_g + 3{,}5t_v + 1{,}0t_å + 2{,}0t_b$
Ren restid + uppskattad andel dold väntetid för aktuell resändamålsfördelning	(3)	$(1) + 0{,}25 \cdot t_{vdold}$
Resuppoffring + uppskattad andel dold väntetid för aktuell resändamålsfördelning	(4)	$(2) + 0{,}25 \cdot t_{vdold}$
Ren restid + maximal dold väntetid	(5)	$(1) + 1{,}0t_{vdold}$
Resuppoffring + maximal dold väntetid	(6)	$(2) + 1{,}0t_{vdold}$

där

t_g = gångtid
t_v = väntetid vid hållplats
$t_å$ = åktid
t_b = bytestid
t_{vdold} = dold väntetid

Såväl väntetid vid hållplats (t_v) som dold väntetid (t_{vdold}) har beräknats som medelvärdet för en fram- och återresa, d v s:

$$t_v = \frac{t_{ijv} + t_{jiv}}{2}$$

$$t_{vdold} = \frac{t_{ijvdold} + t_{jivdold}}{2}$$

Standard vid enskilda resor med bussar i befintligt nät respektive taxibuss

Vi skall här studera standarden för de resor som definieras av den framtagna resmatrisen, se figur 5.36. Totalt har 2500 resor studerats.

I figurerna 5.37-5.40 redovisas summapolygoner för resor i befintligt bussnät respektive med taxibuss med varierande mått på resstandarden. Av figurerna framgår att taxibussen ger betydligt bättre resstandard oavsett vilket standardmått som användes. Om vi studerar standarden uttryckt som ren restid exklusive dold väntetid, figur 5,37, ser vi att medelrestiden för resor med taxibuss uppgår till 18 minuter, medan den i det befintliga bussystemet uppgår till 34 minuter. Motsvarande värden för 90-percentilerna är 26 minuter respektive 51 minuter.

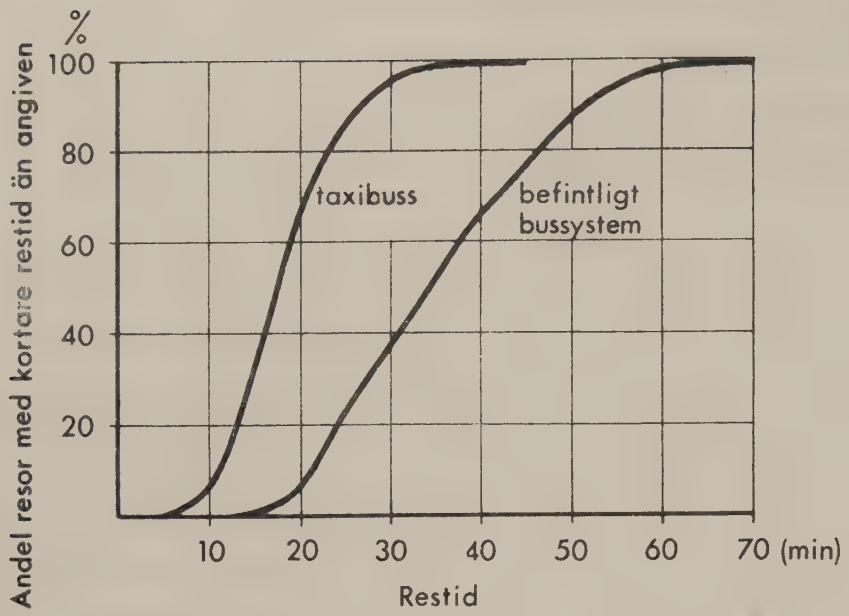


FIG. 5.37 Andel resor med kortare restid än angiven för taxibuss respektive befintligt bussystem. Restiden definieras som $t_g+t_v+t_å+t_{byt}$ där

t_g = gångtid
t_v = väntetid vid hållplats
$t_å$ = åktid
t_{byt} = bytestid
t_{dold} = dold väntetid

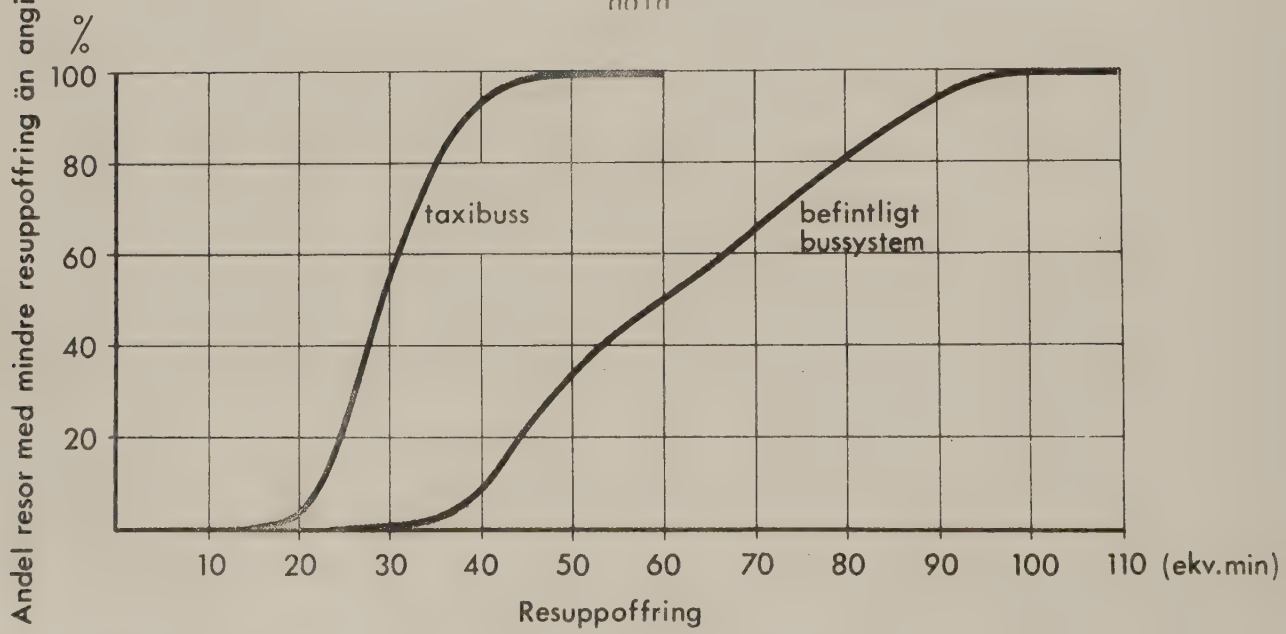


FIG. 5.38 Andel resor med mindre uppoffring än angiven för taxibuss respektive befintligt bussystem. Uppoffringen definieras som $1,75t_g+3,5t_v+1,0t_å+2,0t_{byt}$

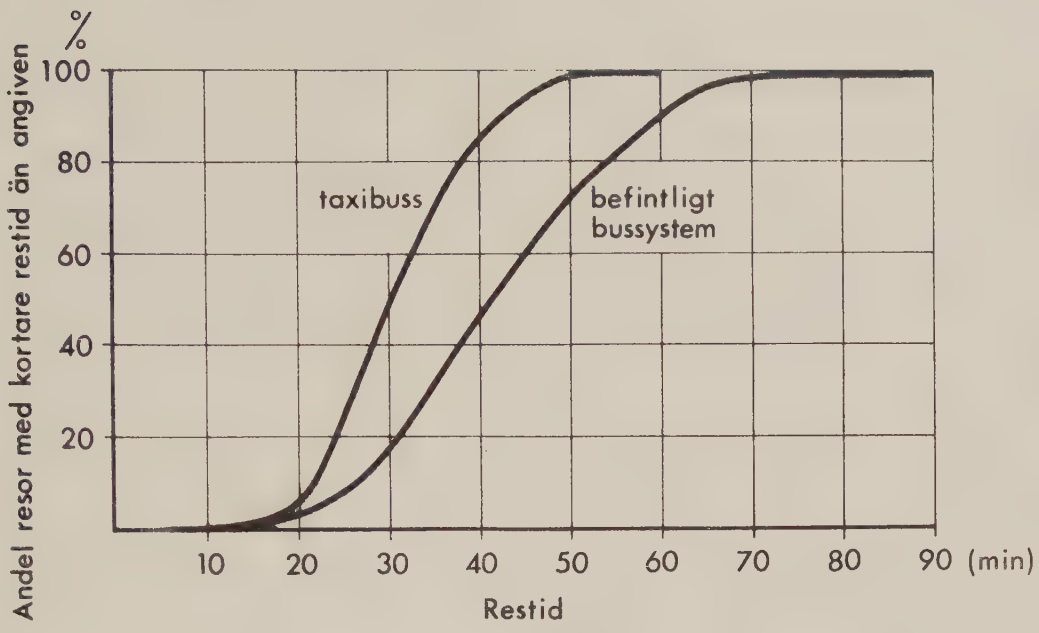


FIG. 5.39 Andel resor med kortare restid än angiven för taxibuss respektive befintligt bussystem. Restiden definieras som $t_g+t_v+t_å+t_{byt}+t_{dold}$

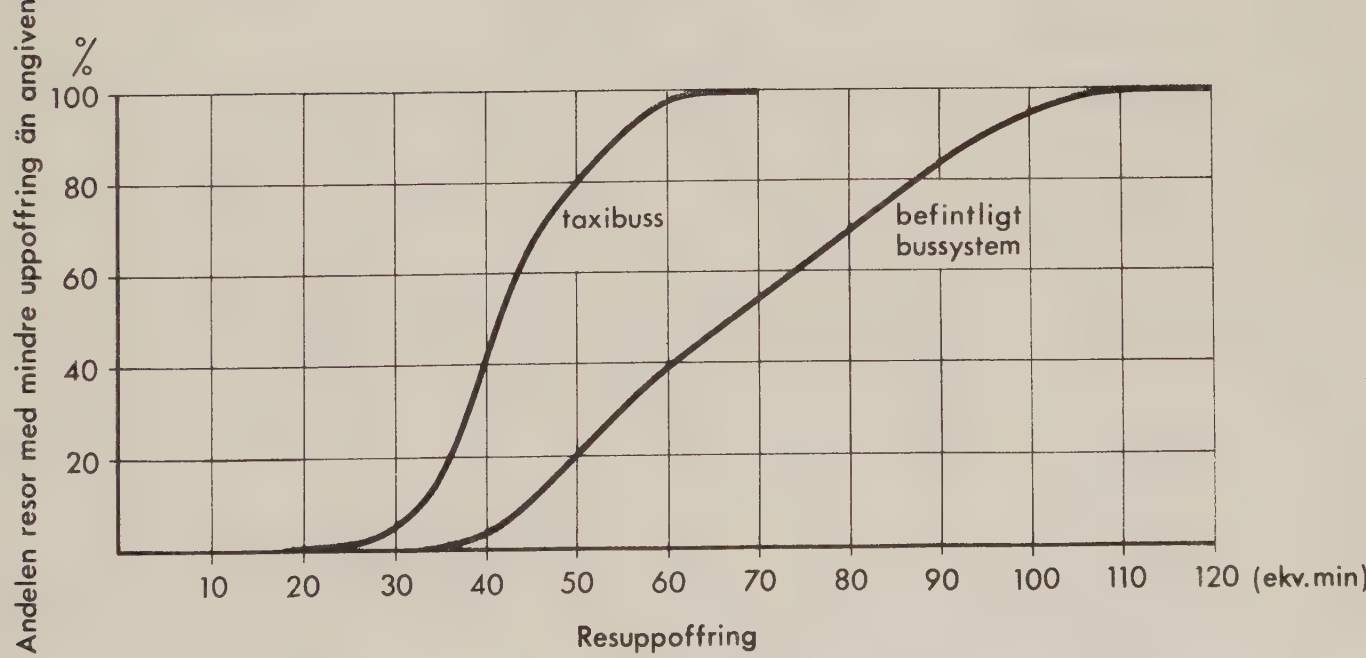


FIG. 5.40 Andel resor med mindre uppoffring än angiven för taxibuss respektive befintligt bussystem. uppoffringen definieras som $1,75t_g+3,5t_v+1,0t_å+2,0t_{byt}+1,0t_{dold}$

I tabell 5.2 redovisas kvoter i standardmått mellan buss och taxibuss. Kvoterna har för de använda standardmåtten beräknats såväl på median som 90-percentil.

Som framgår av tabellen är restiderna respektive resuppoffringarna i det befintliga bussystemet i medeltal ca 30-95 % längre respektive större än i taxibussystemet. Skillnaden är minst, då den dolda väntetiden beaktas för samtliga resor och störst, då den dolda väntetiden ej alls beaktas. Skillnaderna är något större om 90-percentilerna studeras. Detta gäller i synnerhet, om standarden mätes som resuppoffring.

Standardskillnaderna inom vardera systemen är, om standarden mätes som resuppoffring, något större i det befintliga än i taxibussystemet.

Det torde främst vara resrelationer med byten och långa turintervall, som svarar för de största skillnaderna i resuppoffring mellan taxibuss och konventionella bussar. I figur 5.41 har redovisats kvoter i restid mellan buss och taxibuss. Som framgår av figuren, är skillnaderna i restid mellan taxibuss och befintligt bussnät störst i tangentiella relationer. Här förekommer restidskvoter på 4-5.

Resstandarden för områden

I det här kapitlet skall vi jämföra resstandarden i det befintliga bussystemet med taxibussystemet i olika områden.

Som mått på resstandarden för ett område har vi använt medelrestider (respektive medeluppoffring) för alla resor utförda av boende i området (d v s resor genererade i området), se ekv 2 kapitel 4.2.2.

Tabell 5.2 Kvoter mellan standarden för resor med taxibuss och befintligt bussystem. Som mått på resstandardfördelningarna har använts såväl median som 90-percentil. Standarden uttrycks som restid och resuppoffring med och utan hänsyn till dold väntetid.

	Kvot buss/taxibuss	
	median	90-perc
1 Ren restid	1,94	1,96
2 Resuppoffring	1,94	2,19
3 Restid + 0,25xdold väntetid	1,92	1,80
4 Resuppoffring + 0,25xdold väntetid	1,91	2,12
5 Restid + 1,0xdold väntetid	1,32	1,41
6 Resuppoffring + 1,0xdold väntetid	1,60	1,67

FIG. 5.41 Restidskvoter mellan befintligt bussystem och taxibuss för resor i några områdeskombinationer. Restiden definierad som $t_g+t_v+t_å+t_{byt}$ (beteckningar se FIG. 2 - 5).

I figur 5.42 redovisas differenser och kvoter i medelrestider mellan befintligt bussystem och taxibuss. Av figuren framgår att medelrestiderna i genomsnitt är ungefär dubbelt så långa för det befintliga systemet som för taxibuss. Differenserna i medelrestider mellan de två systemen varierar från 13-24 minuter.

I figur 5.43 redovisas fördelningen av kvoter i resstandard mellan befintligt bussystem och taxibuss för de studerade områdena. Resstandarden uttryckes dels som restid dels som resuppoffring. För vart och ett av dessa mått beaktas den dolda väntetiden i varierande utsträckning. Det visar sig att skillnaderna mellan de två transportsystemen är störst om resuppoffringen användes som standardmått. Skillnaderna mellan systemen blir mindre ju mera av den dolda väntetiden som inkluderas i standardmåttet.

Om den dolda väntetiden beaktas för alla resor är medelrestiderna i genomsnitt ca 25% längre med befintliga bussar än med taxibuss. Om däremot ingen dold väntetid beaktas är medelrestiderna i genomsnitt dubbelt så långa i det befintliga systemet som med taxibuss.

Om man har en fast tid att passa i målet, ger sålunda det befintliga bussystemet ca 25% längre restid än taxibussystemet. Har man däremot ingen fast tid att passa ger det befintliga systemet dubbelt så lång restid. Motsvarande värden uttryckta i resuppoffring är 60% respektive 110%. Därvid antages den dolda väntetiden ha samma tidsvärde som åktiden.

De största skillnaderna i standard mellan de två systemen uppträder med några få undantag i ytterområdena samt i de områden som ligger runt centrum. När det gäller ytterområdena beror den stora skillnaden på att det konventionella bussystemet där har relativt sett sämst standard, relativt långa gångavstånd, relativt lång väntetid och krav på byten vid resor till ett stort antal områden. När det gäller områdena närmast centrum torde de relativt sett stora standardskillnaderna mellan systemen bero på att taxibussen här erbjuder en relativt andra områden högre standard. Flertalet taxibussar passerar dessa områden och kan därigenom lätt ta upp och sätta av resenärer i dessa områden.

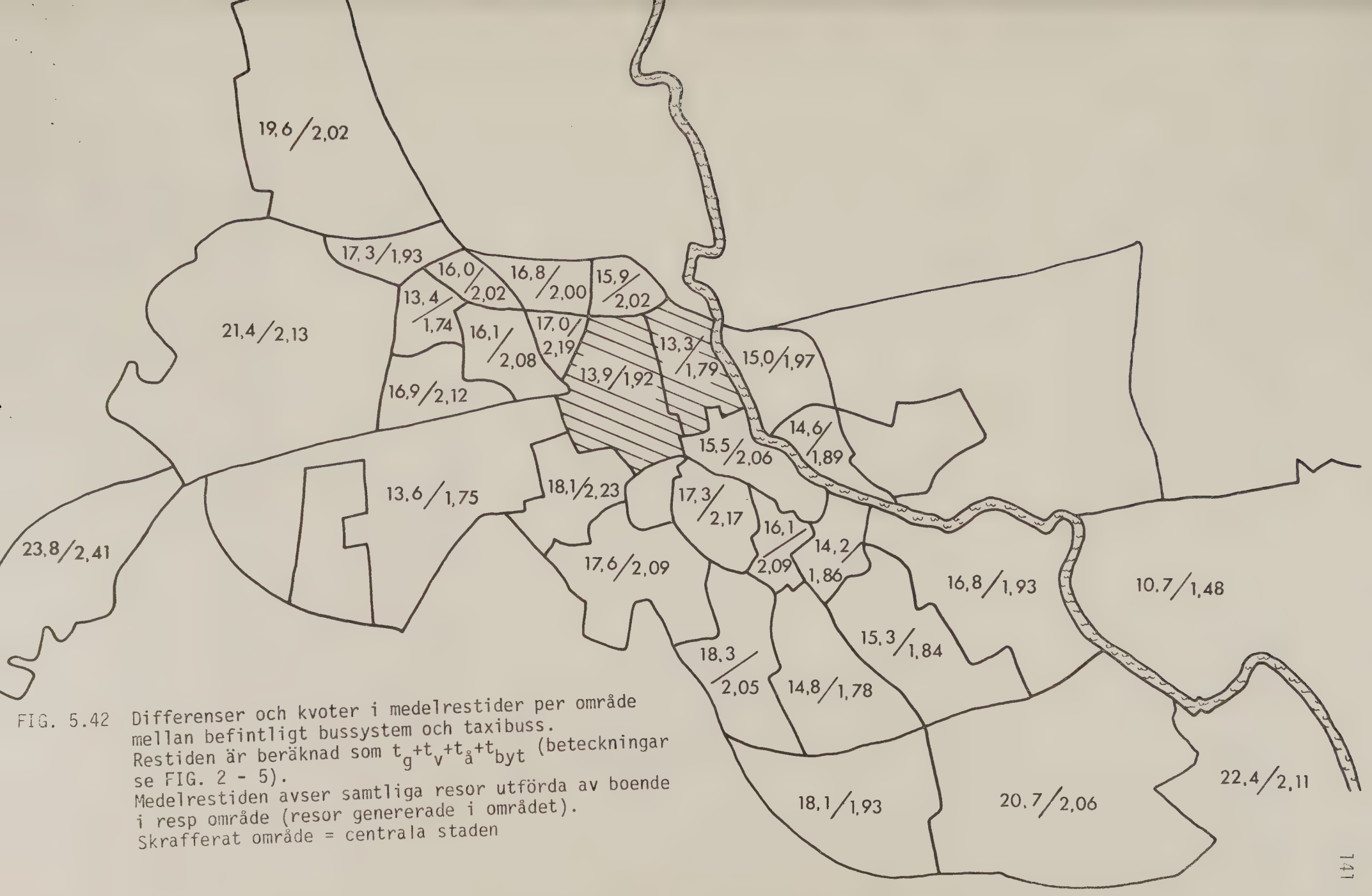


FIG. 5.42 Differenser och kvoter i medelrestider per område mellan befintligt bussystem och taxibuss.
Restiden är beräknad som $t_g+t_v+t_å+t_{byt}$ (beteckningar se FIG. 2 - 5).
Medelrestiden avser samtliga resor utförda av boende i resp område (resor genererade i området).
Skrafferat område = centrala staden

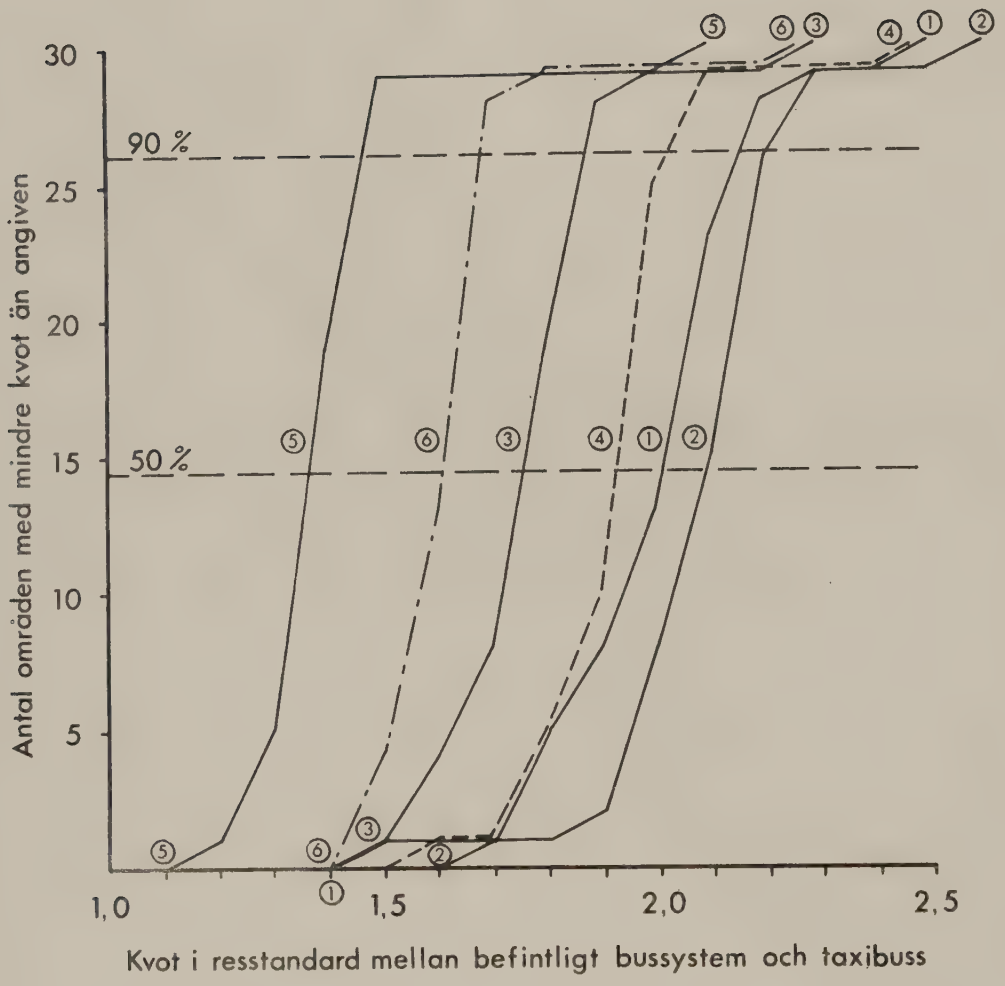


FIG. 5.43 Summapolygon över kvoter i resstandard mellan befintligt bussytem och taxibuss. Kurvorna avser standardmått beräknade enligt följande:

1. $t_g+t_v+t_å+t_{byt}$	restid
2. $1,75t_g+3,5t_v+1,0t_å+2,0t_{byt}$	resuppoffring
3. $t_g+t_v+t_å+t_{byt}+0,25t_{dold}$	restid
4. $1,75t_g+3,5t_v+1,0t_å+2,0t_{byt}+0,25t_{dold}$	resuppoffring
5. $t_g+t_v+t_å+t_{byt}+1,0t_{dold}$	restid
6. $1,75t_g+3,5t_v+1,0t_å+2,0t_{byt}+1,0t_{dold}$	resuppoffring

Bortsett från ett område med speciella förhållanden i nordost är skillnaden mellan taxibuss och befintliga bussar minst i centrumområdena, vilket förklaras av att det befintliga systemet där har sin högsta standard.

Generellt kan sägas att skillnaderna i standard mellan de två systemen varierar relativt lite mellan områdena - betydligt mindre än variationen i standard mellan områden inom det befintliga bussystemet.

5.9.3 Jämförelse av kostnader mellan taxibuss och befintligt bussystem

Även om vi här i huvudsak endast intresserar oss för metoder att beskriva resstandard, har vi inte helt kunnat undgå att något behandla kostnaderna för de två jämförda systemen. Anledningen härtill är att resultaten härigenom blir betydligt intressantare och förhoppningsvis mer användbara.

En jämförelse av kostnaderna för de två systemen är mycket svår att genomföra. Svårigheten består främst i att uppskatta utnyttjandet av taxibussarna. I en stad av Linköpings storlek förmår taxibussystemet endast klara av den totala kollektivtrafiken under lågtrafik. De bussar som användes i taxibussystemet torde dock gå att utnyttja för andra ändamål, då taxibussystemet ej är i drift, t ex för färdtjänst, som ordinära bussar på vissa linjer med låg efterfrågan, som förstärkningsvagnar, för skolskjutstrafik etc.

Man kan också tänka sig att en del av de fordon som utnyttjas i taxibussystemet utgöres av taxibilar.

Det finns också en skillnad i egenskaperna mellan ett taxibussystem och ett konventionellt som försvårar en kostnadsjämförelse. I ett konventionellt system kan man ej låta insatsen av vagnar följa efterfrågan annat än i mycket begränsad omfattning utan att samtidigt påverka standarden. I ett taxibussystem kan man emellertid inom vissa gränser låta bussinsatsen följa variationen i efterfrågan utan att nämnvärt påverka standarden. A andra sidan är möjligheterna att klara av en plötslig ökning av efterfrågan mindre i ett taxibussystem, varför man måste ha ett visst antal reservvagnar till förfogande.

I det här exemplet har vi ej sett det som möjligt att klara ut vilket utnyttjande man skulle kunna få av de fordon som användes i taxibussystemet i Linköping.

Vi har ej heller tagit ställning till hur antalet taxibussar kan varieras med hänsyn till variationen i efterfrågan. Det är ju i hög grad en personalfråga.

Vi har istället valt att jämföra de två systemens kostnader under en timme med en för söndagar genomsnittlig resefterfrågan, 1 000 resor/timme. Vi har antagit att utnyttjandet av vagnarna är samma i de två systemen.

Beräkningen av kostnaderna redovisas i bilaga 2.

Under de ovan angivna förutsättningarna visar det sig att en resa i det befintliga bussystemet i medeltal kostar ca 1,80 kr, medan en resa med taxibuss i medeltal kostar 3,45 kr. Taxibussystemet är alltså ca 90% dyrare än det befintliga systemet.

Om vi antar att vagnarna i taxibussystemet endast utnyttjas hälften så mycket som vagnarna i det befintliga systemet (d v s vi antar att kapitalkostnaderna för taxibussarna fördubblas), stiger totalkostnaderna för taxibussystemet med ca 11%.

Kostnaderna för ett taxibussystem är sålunda endast måttligt känsliga för variationer i vagnutnyttjandet. Detta förklaras av att förarkostnaderna utgör huvudparten av kostnaderna - ca 73% i vårt exempel.

För att få en riktigt rättvisande jämförelse mellan befintligt bussystem och taxibuss bör man därför närmare studera möjligheterna att reducera förarkostnaderna genom att låta antalet vagnar i taxibussystemet följa variationen i efterfrågan.

5.9.4 Sammanfattning och slutsatser

Ett taxibussystem tycks kunna ge väsentliga förbättringar av den kollektiva resstandarden under lågtrafik i Linköpings tätort.

Om man ej har möjlighet att göra förbeställningar i taxibussystemet (det använda simuleringsprogrammet kunde ej ta hänsyn till förbeställningar), blir fördelarna med detta system jämfört med det konventionella något mindre för resor, där man har en fast tid att passa i målet, d v s då man får en dold väntetid.

Standardskillnaderna mellan systemen är större om standarden uttryckes som resuppoffring än som ren restid. Det förklaras av att bytestider och gångtider som endast förekommer i det befintliga systemet viktas högre än åktid.

Om ingen hänsyn tages till dold väntetid är restiderna i medeltal ca 90% eller 27 minuter längre i det befintliga bussystemet än med taxibuss. Samma procenttal gäller för resuppoffringen.

Om däremot dold väntetid beaktas för samtliga resor, ger det befintliga bussystemet ca 30% eller 10 minuter längre restider. Motsvarande siffra för resuppoffringen är emellertid 60%.

Om man inte har någon fast tid att passa och därmed ej upplever någon dold väntetid, ger taxibussystemet sålunda väsentligt kortare restider. Om man däremot har en fast tid att passa, blir skillnaderna i restid något mindre. Resuppoffringen är emellertid även då betydligt större i det konventionella systemet.

De största standardskillnaderna mellan systemen uppstår vid resor mellan ytterområden. Kvoten i ren restid mellan befintligt bussystem och taxibuss uppgår då ofta till 3 á 5. För radiella resor ligger kvoterna däremot mellan 1 och 2.

Skillnaderna i standard mellan de två systemen varierar något mellan områden inom tätorten. Standardskillnaderna är störst i ytterområdena, där uppgår kvoten i medelrestid mellan befintligt bussystem och taxibuss till ca 2. För centrum är kvoten ca 1,8.

Antalet vagnar i det befintliga bussystemet är under den studerade tidsperioden 26. I taxibussystemet krävs 70 vagnar för att klara efterfrågan under dagen.

Om man antar samma totala utnyttjande av vagnarna i de två systemen, d v s kapitalkostnaderna fördelas på samma antal vagntimmar, så blir taxibussystemet ca 90% dyrare än det befintliga.

Sammanfattningsvis kan man mycket förenklat säga att ett taxibussystem under den studerade tidsperioden skulle nära nog halvera restiderna, om ingen hänsyn tas till dolda väntetider. Kostnaderna för taxibuss skulle bli något mindre än dubbelt så höga som för det befintliga systemet.

Om ingen hänsyn tas till dold väntetid, är sålunda standardförbättring och kostnadsökning direkt proportionella. Om man däremot tar hänsyn till den dolda väntetiden, ökar standarden något mindre än vad kostnaderna ökar.

Den här jämförelsen avser Linköpings tätort. Skillnaderna i standard mellan systemen skulle troligen blivit ännu större, om man studerat även den omkringliggande landsbygden.

I kapitel 5.7.2 ovan studerades standardförbättringar och kostnader vid en höjning av standarden i det befintliga bussnätet i Karlstad.

Det kan vara intressant att jämföra standardförbättringar och kostnader för det fallet med de som erhållits för taxibuss här.

Förbättringen av det befintliga nätet i Karlstad genom införande av expressbuss och höjda turtätheter reducerade medelrestiden med 35-40%. Samtidigt steg kostnaderna med en faktor 5.

Ett taxibussystem i Linköping skulle enligt den här studien reducera restiderna med 25-30%, om dold väntetid beaktas och med 45-50%, om dold väntetid ej beaktas. Kostnaderna skulle med reservation för osäkerheter i beräkningarna stiga med ca 90%.

Av de här två exemplen förefaller det som om det skulle vara billigare att övergå till taxibuss, om man vill höja standarden kraftigt i ett bussystem. Detta förutsätter dock att resefterfrågan är relativt låg.

6. KÄNSLIGHETSANALYSER

Två typer av känslighetstest på den i 4.2.2 beskrivna metoden för beskrivning av standard har utförts. Båda testen har genomförts på busslinjenätet i Linköping.

6.1 Inverkan av standardkomponenternas vikter på valet av färdväg

I det här testet var avsikten att studera hur valet av vikter på restidens olika komponenter gångtid, väntetid, bytestid och åktid påverkar valet av färdväg.

Valet av färdväg är intressant vid beskrivning av tillgänglighet därför att det påverkar storleken på den rena restiden Antag t ex att vi lägger en hög vikt på bytestid. Resenären kommer då att tendera att ta direktlinjer med längre åktid. Därigenom ökar den totala rena restiden.

Ju mera komplicerat ett linjenät är, desto större möjlighet finns det att välja alternativa färdvägar mellan givna start- och målpunkter. Busslinjenätets komplexitet inverkar därför på resultatet av den här typen av test.

Vi har valt att utföra testet på busslinjenätet i Linköping. En av anledningarna till valet av Linköping var, att nätet där kan anses ha en komplexitet, som ligger på den övre gränsen till vad som är vanligt för medelstora, svenska städer.

Med de restidsberäkningsprogram som fanns tillgängliga vid testets utförande var det ej möjligt att direkt studera valet av färdväg i nätet. Vi blev därför tvungna att studera färdvägsvalet indirekt.

För att renodla problemet studerades endast vägval mellan par av hållplatser. Vi har alltså exkluderat gångförflyttningarna till och från hållplats och därmed möjligheterna att välja olika hållplatser.

I testet har vi antagit, att färdvägen ej förändrats om åktiden ej förändrats. Teoretiskt kan man naturligtvis tänka sig, att det finns två alternativa färdvägar med helt identiska åktider. Sannolikheten för detta torde dock vara liten.

Testet har utförts så att restider beräknats för samtliga möjliga kombinationer mellan nätets 150 hållplatser. Detta ger 22 500 kombinationer. Två fall med varierande vikter har studerats:

Fall	Vikter	
	väntetid	åktid
I	1,0	1,0
II	3,0	1,0

I det restidsberäkningsprogram som användes var det ej möjligt att särskilja väntetiden vid påstigningshållplatsen från bytestiden. Båda dessa väntetider ingår alltså i det som i fortsättningen benämnes väntetid.

Väntetiden beräknades både vid påstigningshållplatsen och vid eventuellt byte som det resulterande turintervallet dividerat med 2. Ingen övre gräns har satts för väntetiden.

I över 90% av samtliga reskombinationer mellan hållplatser förblev åktiden oförändrad vid en ändring av vikten på väntetiden från 1 till 3. Det skulle kunna tolkas (med reservation för vad som ovan sagts) som att en ändring av vikten på väntetid från 1 till 3 endast påverkade färdvägsvalet i 10% av samtliga reskombinationer.

I figur 6.1 redovisas en summapolygon över differenserna i åktid vid vikten 3 respektive 1 på väntetiden. Av figuren framgår, att i endast ca 3% av samtliga kombinationer uppgår skillnaden i åktid till mer än 5 minuter. I 1% av fallen är åktidsdifferensen större än 10 minuter.

Resultatet kan tolkas som att möjligheterna att välja alternativa färdvägar mellan par av hållplatser i ett nät av den typ som finns i Linköping är relativt begränsade. Eftersom nätet i Linköping har en komplexitet, som är större än i flertalet mindre och medelstora svenska städer, torde resultatet vara giltigt för flertalet städer av nämnd storlek.

Valet av vikt på väntetiden har alltså en relativt begränsad inverkan på färdvägsvalet och därmed på restiden i städer med nät av samma typ som Linköping. Detta är värt att notera, eftersom bestämningar av vikten på väntetiden är vansklig och vikten dessutom kan antagas variera för olika befolkningsgrupper.

Vikten på gångtiden kan däremot antagas påverka färdvägsvalet i större utsträckning. Här är nämligen valmöjligheterna normalt sett större. Det har tyvärr dock ej varit möjligt att här studera,

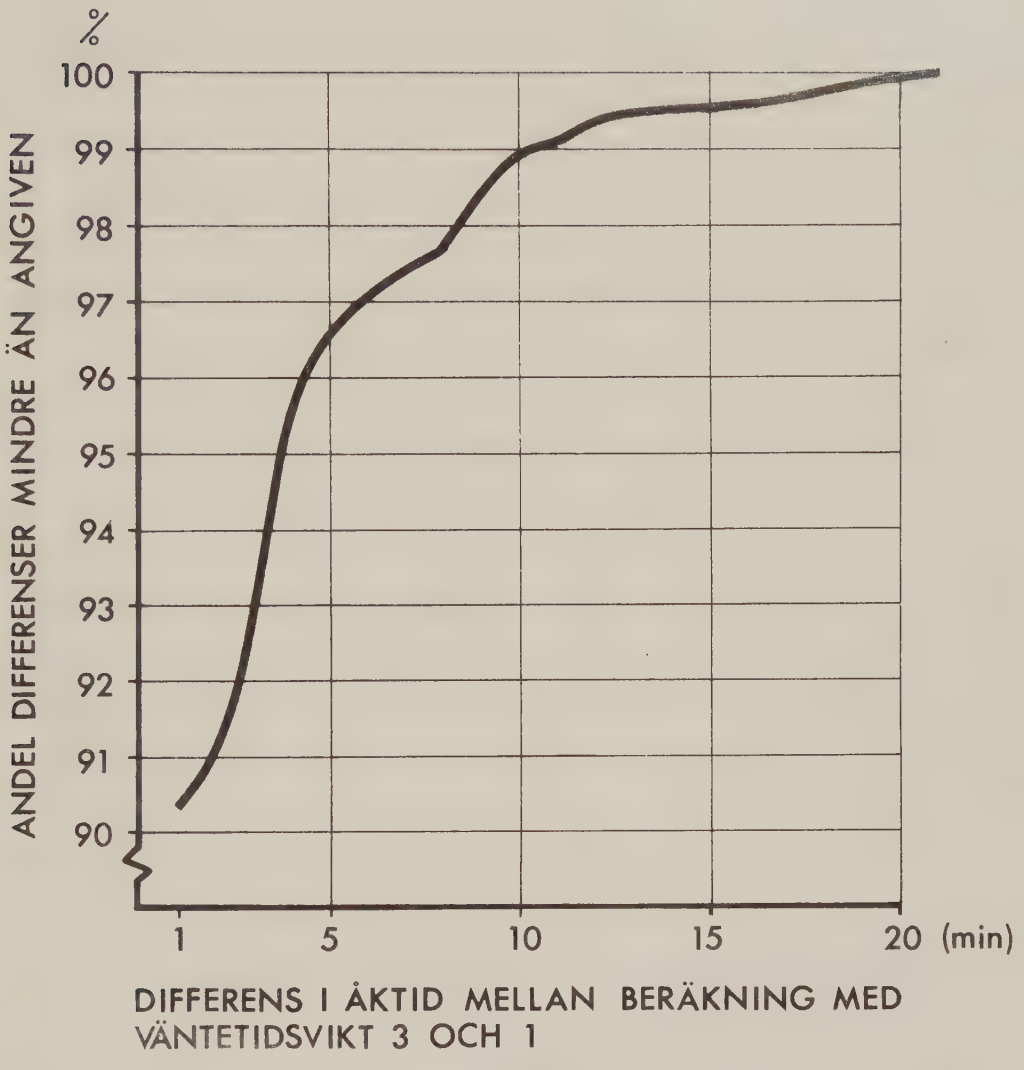


FIG. 6.1

Summapolygen över differenser i åktid mellan beräkningar med vikten 3 och 1 på väntetiden. Åktiderna avser 22 500 reskombinationer mellan hållplatser i Linköpings bussnät. Valet av färdväg bestämmes av den viktade summan av väntetid och åktid. Åktiden har vikten 1.

hur vikten på gångtiden påverkar vägvalet.

6.2 Områdesindelningens inverkan på de beräknade standardmåtten

Här är avsikten att studera i vilken utsträckning standardmått beräknade för ett område också är representativa för enskilda punkter inom området.

Antag att man vid beräkning av standardmedelvärdesmått för två områden funnit, att det ena området har ett visst antal enheter lägre standard än det andra. Har då en godtycklig punkt i det ena området också lägre standard än en godtycklig punkt i det andra området?

Vi har valt att studera problemet på två nivåer korresponderande mot två standardbeskrivningsnivåer. Först studeras överensstämmelsen mellan restider beräknade mellan par av områdestyngdpunkter och par av slumpmässigt valda punkter i motsvarande områden. Detta svarar mot en standardredovisning för enskilda resor. Därefter studeras medelrestider för områdestyngdpunkter och slumpmässigt valda punkter i samma områden. Den senare nivån svarar mot en redovisning av medelrestider eller medeluppoffring.

På båda nivåerna beräknas differensen mellan mått beräknade för områdestyngdpunkter respektive slumpmässigt valda punkter i områdena. Differensernas fördelning beskrives och konfindensintervall för differenserna beräknas. Vidare studeras om medeldifferensen är signifikant skild från 0.

Beräkning av konfidensintervall för områdesmedelvärden är i allmänhet ej möjlig att genomföra med det dataunderlag och de beräkningsmetoder som normalt finns tillgängliga.

I Linköping har vi emellertid haft en unik möjlighet att genomföra tester av områdesmedelvärdenas representativitet. Vi har därvid utnyttjat ett speciellt informationssystem, NIMS, som utvecklats av en forskargrupp vid NORDPLAN. I detta är samtliga vägar och gator i Linköpings kommun bestämda till läge och längd. Om längden på en gata eller väg är längre än ett visst angivet mått, delas gatan eller vägen upp i mindre delar vars längd underskrider det angivna måttet. De så erhållna väg- eller gatusträckorna kallas segment och är de element till vilka all information knytes.

Genom systemet kan man t ex beräkna verkliga gångavstånd mellan två godtyckliga punkter (segment). Man kan också tilldela varje punkt (segment)

ett områdesnummer, så att man sedan för valfritt område enkelt kan slumpa ut ett antal punkter (segment) i området.

Testet har tillgått så att Linköpings tätort indelats i totalt 58 områden efter de principer som angivits i 4.7 ovan. För varje område har 5 punkter (segment) slumpmässigt valts ut. Därefter har restider beräknats mellan dels områdestyngpunkter och dels mellan samtliga par av slumpmässigt valda punkter (segment). Vidare har medelrestider beräknats dels för områden och dels för de slumpmässigt valda punkterna (segmenten). Vid beräkningen av medelrestiden har alla områden respektive segment givits vikten 1.

Medelrestiderna är alltså helt enkelt beräknade som summan av restiderna till alla andra områden respektive segment, varefter den så erhållna restidssumman dividerats med antalet områden respektive segment.

6.2.1 Beräkning av restider

Beräkningen av restider och resuppoffring har inneburit speciella problem vid de här testen, eftersom tillgängliga datorprogram för restidsberäkning ej tillåter beräkning av restider mellan par av godtyckliga punkter, utan endast mellan hållplatser eller områdestyngdpunkter.

Problemet har lösts så att vi först beräknat restider (och resuppoffring) mellan samtliga par av hållplatser med hjälp av ett standardprogram för beräkning av restider i bussnät. Därefter har gångtiderna till och från hållplats beräknats med hjälp av det ovannämnda informationssystemet för Linköping, NIMS. Därvid har något olika metoder använts för områden respektive segment.

När det gäller områden, har varje segement i ett område beräknats den kortaste gångtiden (verklig, i vägnät eller gångvägnät) till varje linje. (Endast linjer till vilka gångavståndet varit max 1 500 m har beaktats.) Därefter har medelgångtiden till samtliga linjer beräknats för segmenten i området.

Den totala restiden (uppoffring) med buss mellan två områden har erhållits som den minsta summan av medelgångtid i startområdet, restid mellan hållplatser och medelgångtid i målområdet för samtliga möjliga linjekombinationer. Resuppoffringen med buss har sedan jämförts med den uppoffring det skulle innebära att gå hela vägen mellan områdena. Det färdmedel har valts som ger den minsta uppoffringen. Dock tillåtes ej längre gångavstånd än 1500 meter (verkligt). Detta innebär att de restider vi arbetar med avser buss eller gång beroende på vilket som ger lägst uppoffring. Anledningen härtill är att de tillgänglighetsmått vi normalt arbetar med är baserade på restider beräknade på detta sätt.

Såväl vid val av färdväg i bussnätet som vid val mellan färdmedlen gång och buss användes minsta totala resuppoffringen som kriterium för val. Därvid har använts vikterna 1,75 för gångtid, 1,0 för åktid och 3,0 för väntetid (summan av väntetid vid påstigningshållplats och byte).

Restiden mellan de slumpmässigt valda segmenten har varit något enklare att beräkna. Här har för varje segment beräknats gångtider till närmaste hållplats på varje linje. Därefter har beräknats summan av gångtider vid start och mål samt restid mellan hållplatser för samtliga linjekombinationer. Den minsta av de på så sätt erhållna resuppoffringarna har jämförts med uppoffringen att gå hela vägen. Samma övre gräns för gångavstånd och samma vikter för beräkning av resuppoffring har tillämpats som vid beräkningen för områden.

6.2.2 Jämförelse av restiden mellan segmentpar och områdespar

Syftet med den här studien är att analysera differenserna mellan restider beräknade mellan par av områdestyngpunkter och par av segment i samma områden för att klara ut i vilken utsträckning restider beräknade för områdestyngpunkter ger värden som är representativa för enskilda punkter i områdena.

För att belysa den frågan har vi beräknat differenser i såväl delrestider (gång-, vänte- och åktid) som summatid och uppoffring mellan par av områdestyngdpunkter och segmentpar. Totalt 82 650 resrelationer mellan segment har beräknats. För differenserna har bildats medelvärden, standardavvikelser och konfidensintervall, se tabell 6.1.

Av tabellen framgår att samtliga medelvärden för de olika differenserna är signifikant skilda från 0. Avvikelserna från 0 är emellertid små. Den största avvikelsen, ca 2 minuter, gäller resuppoffringen. Det negativa tecknet för medeldifferensen, när det gäller åktiden, beror på den metod med vilken åktiden mellan områdestyngdpunkter beräknats. De längre restiderna mellan områdestyngpunkter skulle något förenklat kunna förklaras med att man mellan segmenten har fler alternativa färdvägar och därför en viss möjlighet att finna kortare färdväg än mellan områdestyngdpunkterna.

Även regressionslinjer för sambandet mellan restider mellan segment- och områdespar har beräknats, se tabell 6.2. Regressionslinjerna visar, att man har en systematisk avvikelse mellan restider beräknade med hjälp av segment respektive med områdestyngdpunkter. Regressionslinjernas lutningar är signifikant skilda från 1 på 95% konfidensnivå.

Fördelningar på differenser mellan par av områdestyngdpunkter och segment för såväl delrestider som total restid och resuppoffring redovisas i figur 6.2 (se slutet av kapitlet). Som framgår av figuren är fördelningarna relativt symmetriska och jämna, möjligen med undantag för väntetiden. Denna har en kraftigt markerad topp vid 0. Det torde bero på att samma linjestråk valts för såväl områdestyngdpunkter som de olika segmenten i området. Uppoffringen har den största spridningen.

Om fördelningarna för differenser i total restid och uppoffring antages kunna approximeras med normalfördelningar, kan sannolikheten för att en differens skall överstiga vissa absolutvärden anges, se tabell 6.3. Av tabellen kan t ex utläsas att sannolikheten för att restiden mellan ett godtyckligt valt segmentpar skall avvika från restiden mellan motsvarande

	Medel-differens (min)	Standard-avvikelse (min)	95-procentigt konfidensintervall för medeldifferensen (min)
Åktid	-0,06	4,66	± 0,03
Väntetid	0,65	3,00	± 0,02
Gångtid	0,14	5,22	± 0,04
Totala restid	0,73	5,86	± 0,04
Uppoffring	2,11	9,13	± 0,06

Tabell 6.1 Medelvärde och standardavvikelse för differenser samt 95-procentigt konfidensintervall för medeldifferensen i restid och resuppoffring (viktad restid) mellan områdespar och segmentpar. Antal observationer 82 650.

	α	β	Regressions-koefficient r	95-procentigt konfidensintervall för β
Åktid	1,6	0,86	0,81	± 0,002
Väntetid	1,9	0,63	0,71	± 0,004
Gångtid	3,5	0,67	0,59	± 0,009
Total restid	3,0	0,87	0,85	± 0,004
Uppoffring	4,8	0,86	0,87	± 0,002

Tabell 6.2 Regressionslinjer för samband mellan restider beräknade för segmentpar respektive områdespar.

Regressionslinjes ekvation: $y = \alpha + \beta x$

där y = segmentrestid
x = områdesrestid
α och β = konstanter

Intervall kring medelvärdet	Sannolikhet att en differens skall falla utanför intervallet, %	
	Total restid	Uppoffring
± 5	40	
± 10	9	27
± 15	1	10
± 20		3
± 25		1

Tabell 6.3 Sannolikheten för att differenser i summa restid och uppoffring mellan par av områdestyngdpunkter och segmentpar skall hamna utanför vissa angivna intervall.

områdestyngdpunkter med mer än 10 minuter är 9%. För uppoffringen krävs något större numeriska intervall än för restiden. Detta beror på att intervallen här uttryckes i ekvivalenta åktidsminuter.

Det numeriska värdet på uppoffringen är ca 1,75 gånger högre än på restiden. Detta gäller som medelvärde för hela tätorten.

6.2.3 Jämförelse av medelrestider beräknade för områdestyngdpunkt och segment

I förra avsnittet genomfördes en jämförelse av restider mellan par av områdestyngdpunkter och segment. Jämförelsen avsåg sålunda enskilda restider.

Eftersom vi ofta redovisar ett områdes standard i form av medelrestider, skall vi även göra en jämförelse mellan medelrestiden för en områdestyngdpunkt och medelrestider för de i området utslumpade segmenten.

Vid beräkningen av medelrestider utnyttjas samma segment och samma restider som i föregående avsnitt. Alla områden och segment har givits vikten 1 vid beräkningen av medelrestider för områdestyngdpunkter respektive segment. Härigenom erhålles överensstämmelse mellan områdes- och segmentmedelrestider vad avser resornas geografiska fördelning.

Jämförelsen av medelrestider för områdestyngdpunkter och segment sker genom att differenser bildas mellan medelrestiden för ett områdes tyngdpunkt och medelrestiderna för de fem utslumpade segmenten i området.

Fördelningar av differenserna i åktid, gångtid, väntetid, total restid och uppoffring redovisas i figur 6.3 (se slutet av kapitlet). Som framgår av figuren, överensstämmer formen på fördelningarna för differenser i medelrestider med fördelningarna av restidsdifferenser mellan par ganska väl, se figur 6.2. Medelvärdena av differenserna är också desamma. Spridningen är däremot naturligt nog mindre för differenserna i medelrestider.

Medelvärden och standardavvikelser av differenserna i medelrestider och konfidensintervall för medelvärdena av differenserna i medelrestider är sammanställda i tabell 6.4.

	Medel-differens (min)	Standard-avvikelse (min)	95-procentigt konfidensintervall för medeldifferensen (min)
Åktid	-0,054	1,861	± 0,215
Väntetid	0,654	1,366	± 0,157
Gångtid	0,135	2,523	± 0,291
Total restid	0,735	2,587	± 0,298
Uppoffring	2,144	4,616	± 0,532

Tabell 6.4 Medelvärde och standardavvikelse på differenserna i medelrestid (och medeluppoffring) mellan områdestyngdpunkt och segment samt 95% konfidensintervall på medelvärdet av differenserna.

Av tabell 6,4 framgår att på samma sätt som för områdespar och segmentpar (se ovan) är även här restiderna längre för områdestyngdpunkter än för segment med undantag för åktiden. Förklaringen är här densamma som för områdespar och segmentpar, nämligen att de alternativa färdvägarna är fler mellan segment och möjligheterna att finna en kortare färdväg därför är större. Den kortare åktiden mellan områdestyngdpunkter beror på en svaghet i den använda metoden att beräkna åktidsmedelvärden.

Vid utvärdering av medelrestider för områden är det av intresse att veta hur stor differensen i medelrestid mellan områden skall vara för att man med en given sannolikhet skall kunna påstå att en valfri punkt i ett område har bättre standard än en i ett annat område.

Som underlag för en sådan bedömning har vi bildat konfidensintervall för differenser i total restid och uppoffring, se tabell nedan.

	Konfidensintervall för differenser (min)				
	70%	80%	90%	95%	99%
Restid	± 2,7	± 2,8	± 4,3	± 5,1	± 6,7
Uppoffring	± 4,8	± 5,1	± 7,7	± 9,0	± 11,9

Av tabellen framgår att om differensen mellan medelrestiderna för två områden är större än 10 minuter, så kan man med 95-procentig säkerhet säga att godtyckliga punkter i det ena området har kortare medelrestid än godtyckliga punkter i det andra. Om differenserna mellan medelrestiderna för områden är 5 minuter, kan man med ca 70-procentig säkerhet säga att punkter i det ena området har kortare medelrestider än i det andra.

Även en annan metod att studera, hur representativa tyngdpunktsmedelvärden är för valfria punkter i områden har provats. Vi har rangordnat områdena dels med hjälp av medelrestider för områdestyngdpunkter och dels med hjälp av restidsmedelvärden för vart och ett av de i områdena utslumpade 5 segmenten. Med hjälp av differenserna i de erhållna rangordningstalen har en rangordningskorrelationskoefficient beräknats, se tabell nedan.

	Rangordningskorrelationskoefficient
Restid	0,895
Uppoffring	0,890

Rangordningskorrelationskoefficienten är beräknad enligt följande:

$$r = 1 - \frac{6 \Sigma d_i^2}{N(N^2-1)}$$

där d = differens i rangordningsnummer mellan segment och områdestyngdpunkt
N = antalet observationer

Om endast ett av de slumpmässigt valda segmenten i varje område användes vid rangordningstestet, erhålles en rangordningskoefficient för restid på 0,857. Medelrestider för segment och områdestyngdpunkter rangordnar sålunda områden på ett mycket likartat sätt.

Hypotesen att områdestyngdpunkter och segment rangordnar områdena oberoende av varandra kan förkastas med 98-procentig säkerhet om rangordningskoefficienten är större än ca 0,25 (om endast ett segment i varje område användes vid testet).

Differenserna mellan restider för områdestyngdpunkt och godtyckliga segment i samma område påverkas bl a av områdets storlek. För att studera hur områdesstorleken påverkar differensernas storlek, skulle man kunnat genomföra ett antal områdesindelningar av tätorten med varierande områdesstorlekar. Detta har dock ej varit möjligt på grund av det omfattande arbetet detta skulle krävt. Vi har istället studerat sambandet mellan differensen i medelrestid mellan områdestyngdpunkt och segment och områdets storlek mätt i form av dess yta.

Resultatet visas i följande tabell:

y	α	β	Regressionskoefficient
Restid	0,32	1,63	0,32
Uppoffring	0,66	3,00	0,31

$y = \alpha + \beta x$ där x = ytan av egna området + medelvärdet av alla andra områdens ytor

Medelytan x = 1,065 km^2, vilket innebär att de enskilda områdenas medelyta = 0,5 km^2. Det största området upptar en yta av 1,79 km^2 och det minsta 0,14 km^2.

Som framgår av tabellen är regressionskoefficienterna ganska låga. Det beror på att spridningen kring linjerna är stor, vilket även framgår av figur 6.4 (se slutet av kapitlet). Den stora spridningen är inte förvånande, eftersom den använda metoden endast förmår beakta ytan i ett område i sänder på ett adekvat sätt. Om den ovannämnda metoden med ett flertal alternativa områdesindelningar kunnat användas, skulle troligen ett bättre resultat erhållits.

Ett annat sätt som troligen skulle gett mer entydiga samband vore att studera sambandet mellan differenserna i restid mellan områdespar och segmentpar samt ytorna i områdes- respektive segmentparen. Detta var tyvärr ej möjligt av kostnadsskäl.

Med hjälp av lutningskoefficienten (β) på regressionslinjen för sambandet mellan restidsdifferens och områdesytan kan man få en viss uppfattning om hur områdesstorleken påverkar avvikelserna mellan medelrestider för områdestyngdpunkt och segment. Om ytan ökar med 1 km^2, ökar differensen med ca 1,6 minuter. Detta kan låta lite, men beror på att segmenten i de stora områdena oftast är koncentrerade till endast en del av områdena. Sambandet gäller alltså ej för homogena områden. Där skulle troligen ytan påverka restidsdifferensen kraftigare.

6.3 Slutsatser av känslighetstesten

Inverkan av standardkomponenternas vikter

Måttliga förändringar av det relativa förhållandet mellan vikten på åktid och väntetid (summan av väntetid vid första påstigning och byte) tycks i mycket begränsad omfattning påverka valet av färdväg och därmed restiden mellan två hållplatser i ett nät av den typ som finns i Linköping.

Nätet i Linköping torde har en komplexitet som ligger på övre gränsen för vad som är vanligt i mindre och medelstora svenska städer, varför det sagda torde gälla för huvudparten svenska städer med undantag för storstäderna.

En ökning av den relativa vikten på väntetid i förhållande till åktid från 1 till 3 påverkade vägvalet och därmed restiderna för endast ca 10% av samtliga resrelationer.

En förändring av vikten på gångtid kan förväntas ge något större utslag. Det har dock ej varit möjligt att här studera denna effekt.

Områdesindelningens inverkan på de beräknade standardmåtten

Frågeställningen har här varit i vilken utsträckning restider beräknade för områdestyngdpunkter är representativa också för enskilda punkter i områdena. Om man har funnit att standarden i ett område beräknad för tyngdpunkten är högre än i ett annat område - är då standarden för enskilda punkter i det första området högre än i det senare området?

Studien har visat att restiderna för områdestyngdpunkter generellt sett är något längre än mellan enskilda punkter. Skillnaderna är dock obetydliga. För restid är medeldifferensen mindre än en minut och för uppoffring ca 2 minuter.

För resor mellan två områden är sannolikheten att restider beräknade mellan två godtyckliga punkter i respektive område avviker med mer än 10 minuter från restiden beräknad för områdestyngdpunkterna ca 10%.

Sannolikheten att medelrestiden för en godtycklig, enskild punkt i ett område avviker mer än 5 minuter från områdestyngdpunktens medelrestid är ca 5%.

Studien visar också att medelrestider beräknade för områdestyngdpunkter respektive godtyckligt valda punkter i respektive områden rangordnar

områdena på mycket likartat sätt. Rangordningskorrelationskoefficienten varierar mellan 0,86-0,90 beroende på hur testet utföres.

Storleken på skillnaderna i restid vid beräkning med utgångspunkt från områdestyngdpunkt respektive enskilda punkter i området beror i hög grad på områdets storlek. I den här studien har medelområdesytan varit ca 0,5 km^2. Största område var 1,79 km^2 och minsta 0,14 km^2.

Vi har genomfört en regressionsanalys av sambandet mellan områdesstorlek och storleken på differenserna i medelrestid mellan områdestyngdpunkt och enskilda punkter. Metodiska problem med att finna ett adekvat ytmått har dock medfört en stor spridning kring regressionslinjen och en låg regressionskoefficient.

Det finns ytterligare ett förhållande som gör att resultaten av regressionsanalysen inte utan vidare kan generaliseras. Områdesindelningen i Linköping har gjorts så att de bebyggda delarna av områdena är ungefär lika stora. Med den använda metodiken för att slumpa ut punkter i områdena leder detta till att avstånden mellan de utslumpade punkterna inte är proportionella mot områdesytan.

Med reservation för de nämnda metodiska bristerna och de speciella förhållanden som gäller rörande områdesindelningen visar analysen att differensen i medelrestid ökar med 1,6 min vid en ökning av områdesytan med 1 km^2. Motsvarande siffra för uppoffringen är 3,0 min.

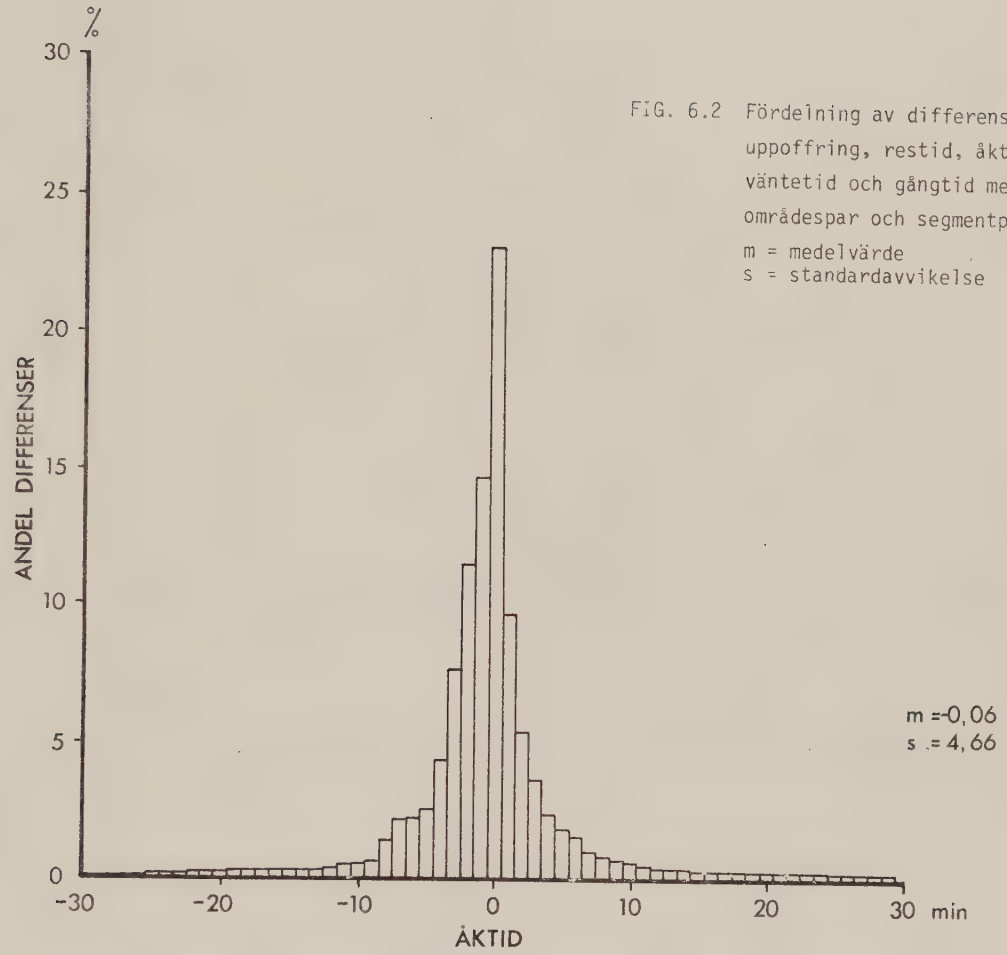
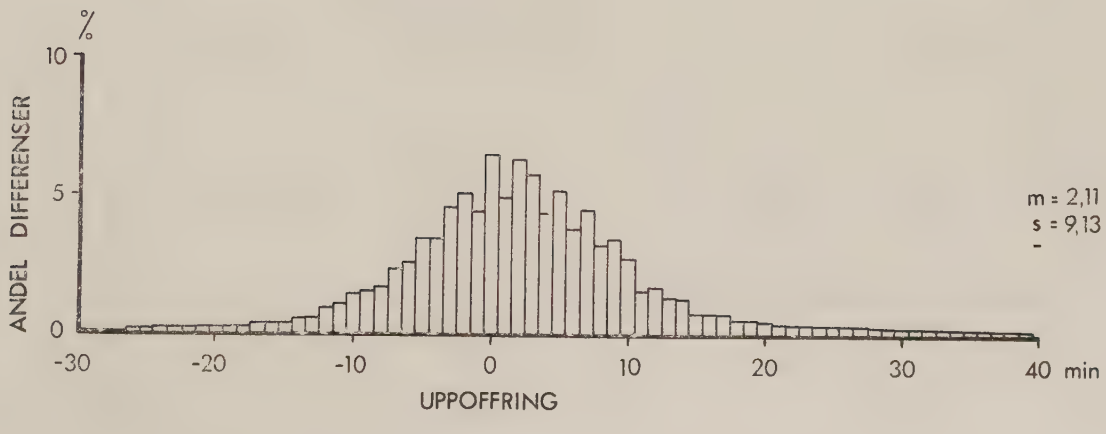
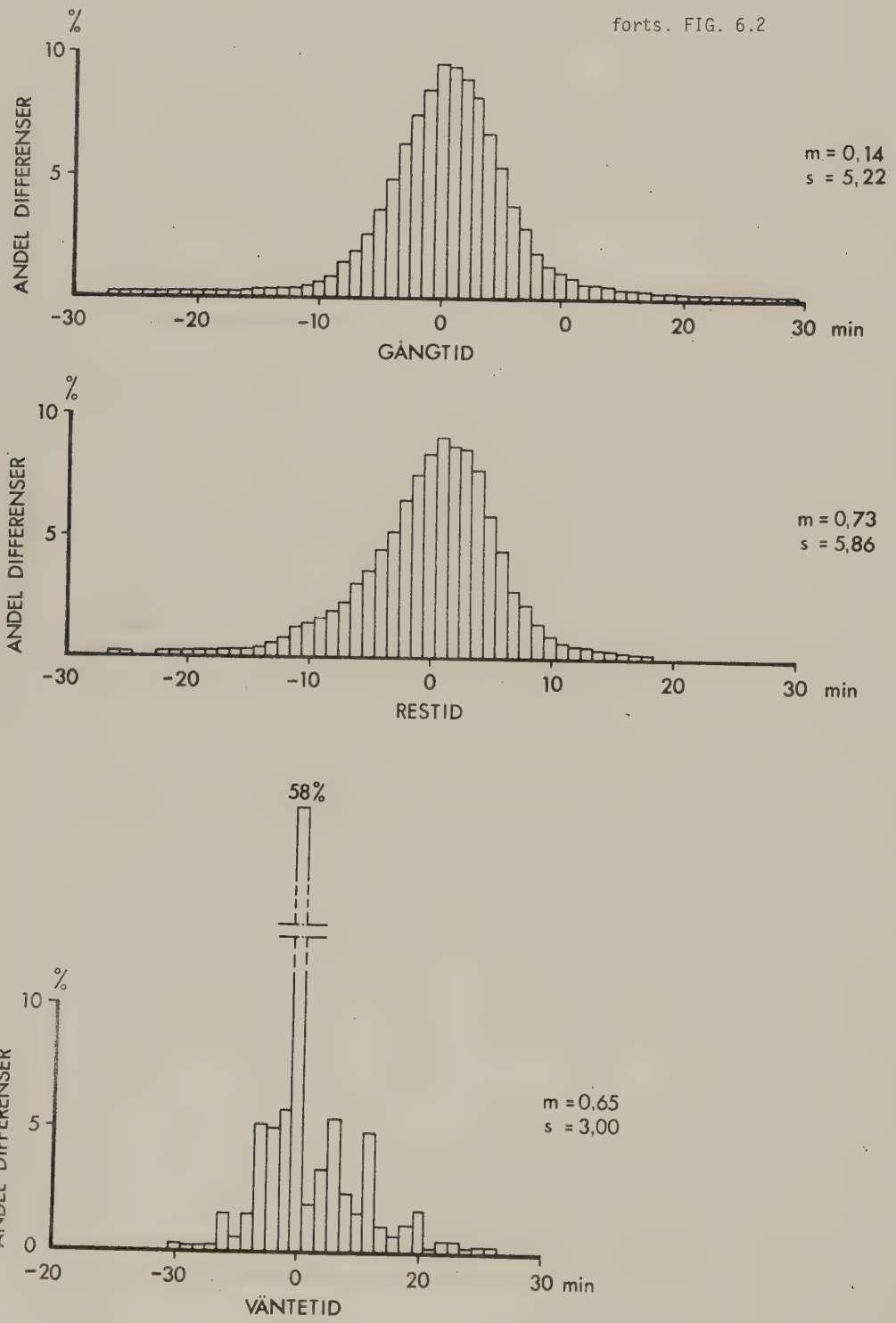


FIG. 6.2 Fördelning av differenser i uppoffring, restid, åktid, väntetid och gångtid mellan områdespar och segmentpar.
m = medelvärde
s = standardavvikelse



forts. FIG. 6.2


%
10
5
ANDEL DIFFERENSER
m = 0,14
s = 5,22
-30
-20
-10
0
0
20
30 min
GÅNGTID
%
10
5
ANDEL DIFFERENSER
m = 0,73
s = 5,86
-30
-20
-10
0
10
20
30 min
RESTID
58%
%
10
5
0
ANDEL DIFFERENSER
m = 0,65
s = 3,00
-20
-30
0
20
30 min
VÄNTETID

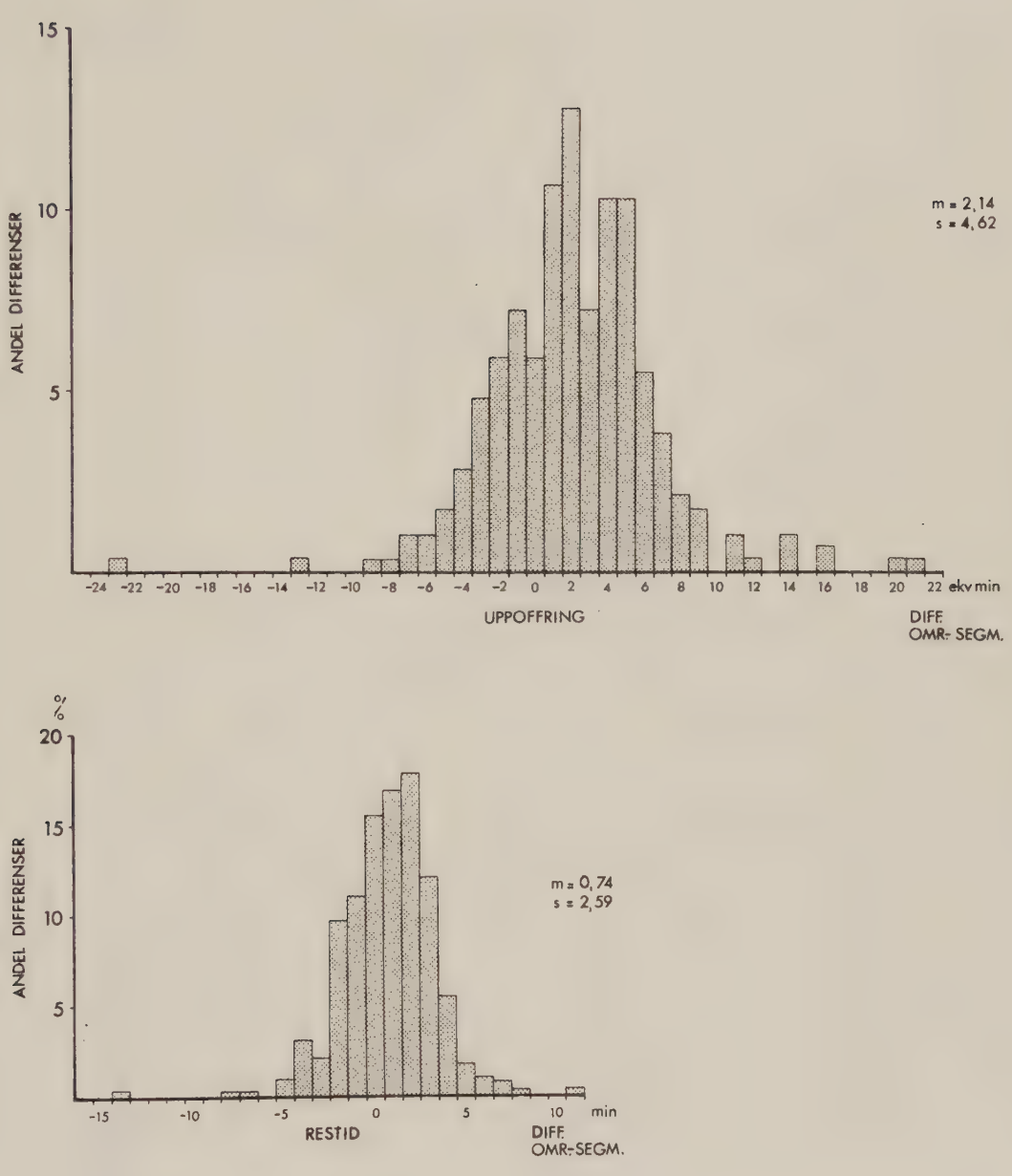
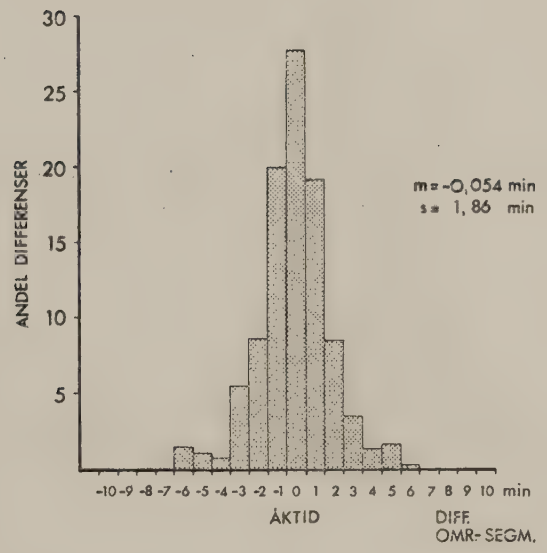
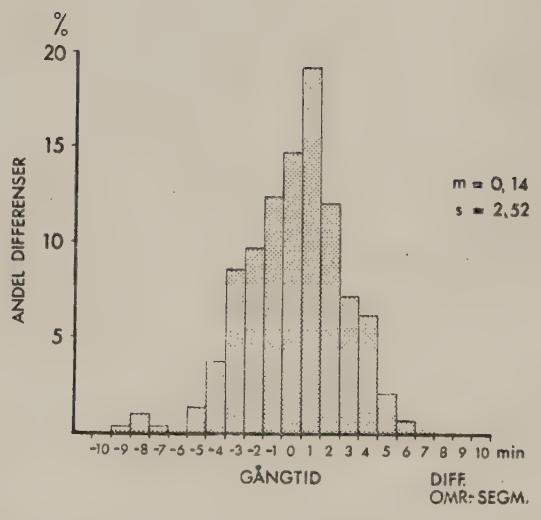
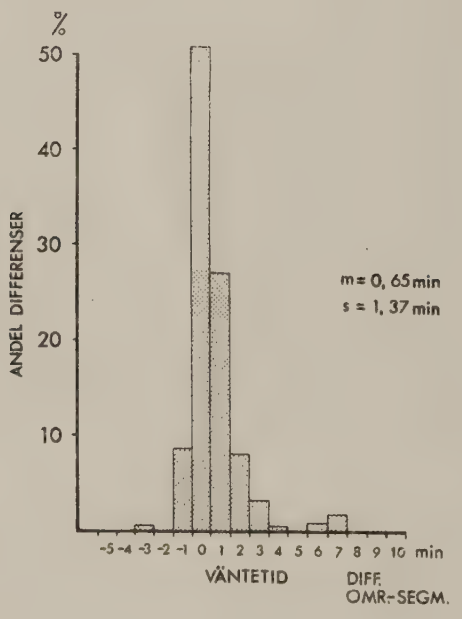


FIG. 6.3 Fördelningen av differenser i medeluppoffring, medelrestid, medelväntetid och medelgångtid mellan områdestyngdpunkter och segment.
m = medelvärde s = standardavvikelse

forts. FIG. 6.3


ANDEL DIFFERENSER
30
25
20
15
10
5
m = -0,054 min
s = 1, 86 min
-10 -9 -8 -7 -6 -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 min
ÅKTID
DIFF. OMR-SEGM.


%
ANDEL DIFFERENSER
20
15
10
5
m = 0, 14
s = 2,52
-10 -9 -8 -7 -6 -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 min
GÅNGTID
DIFF. OMR-SEGM.


%
ANDEL DIFFERENSER
50
40
30
20
10
m = 0, 65 min
s = 1, 37 min
-5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 min
VÄNTETID
DIFF. OMR-SEGM.

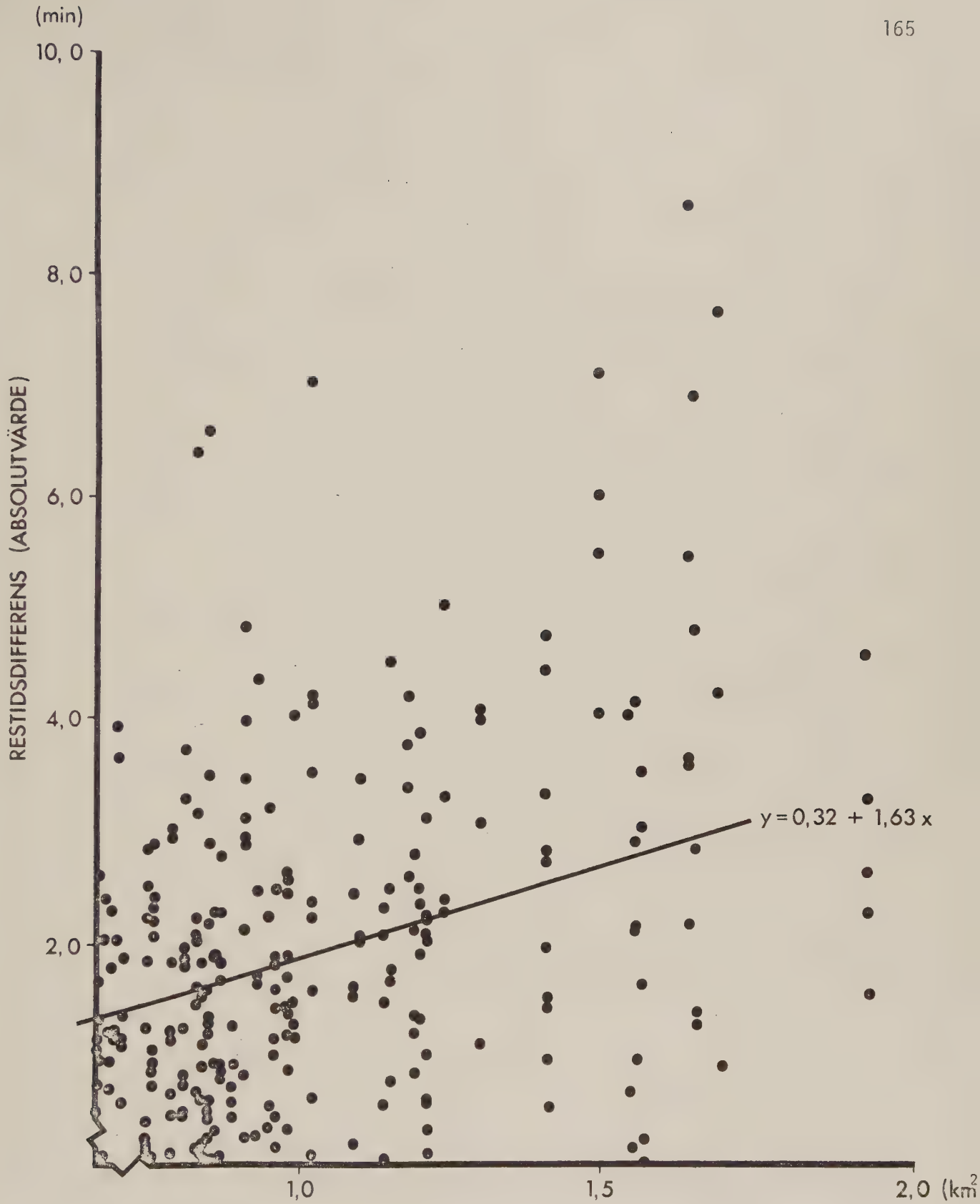


FIG. 6.4 Samband mellan differens i medeltid (absolutvärde) och områdesstorlek. Differenserna är bildade mellan medelrestid för områdestyngdpunkter och segment i samma område. Ytan avser aktuellt områdes yta + medelvärdet av alla andra områdens ytor.

7. LITTERATURFÖRTECKNING

AIB, 1968, Kollektivtrafik i Norrköping. (Allmänna Ingenjörsbyrån.) Stockholm.

Almqvist, 1976, Gångvägars och hållplatsers standard - en metod för bedömning och beskrivning. (Nordplan.) Arbetshandling. Stockholm.

Andreasson, 1975, Attityder till trafikmedel och standardfaktorer. (KOLT.) SOU 1975:48. Bilaga 3. Stockholm.

Bexelius, Nimmerfjord, Nordqvist & Read, 1969, Studies in Traffic Generetics (National Swedish Building Research.) Document no 2:1969. Stockholm.

Bilismen i samhället, 1971, (Svenska Vägföreningens samarbetsutskott.) Del 4, lokal kollektivtrafik, personbilen och folks transportbehov. Stockholm.

Bjelkåker, 1975, Taxibuss i Linköping - en simuleringsstudie. (OPTKOLT. Linköpings tekniska högskola och SAAB-SCANIA.) Linköping.

Björkman & Ekman, 1966, Experimentalpsykologiska metoder. (Almqvist & Wiksell.) Stockholm.

Bock, F, 1968, Factors influencing modal trip assignment. (Highway Research Board) National Cooperative Highway Research Program, report 57. Washington D.C.

Brunner, G, A, et al, 1966, User determined attributes of ideal transportation systems: An empirical study. (University of Maryland.) Maryland.

Egidius, H, 1970, Individ och grupp. (Läromedelsförlagen.) Stockholm.

Elmberg, 1974, Projekt Taxibuss - en tillämpningsstudie. (Göteborgs Spårvägar.) Göteborg.

Friberg & Holmberg, 1974, Metod för standardbeskrivning av kollektiva transportsystem. (Nordplan.) Rapport 1974:2. Stockholm.

Friberg och Holmberg, 1975, Metod för analys och bedömning av transportsystem i tätorter. (Nordisk Ministerråd, Nordkolt, Nordplan.) Rapport för projekt P11. Oslo.

Golob, T. F. et al, 1971, User preferences for a demand - responsive transportation system: A case study report. (Highway Research Board.) Record 367, p. 31. Washington D.C.

Grufman, Holmberg, Lundberg och Wallström, 1975, Analys av linjebundna kollektivtrafiksystem. (Byggforskningen.) Preliminär rapport från LTH, Nordplan och VBB.

Gävle kommun, 1971, Resvaneenkät I. (Gävle kommun, stadskansliets utredningsavdelning.) Gävle.
Gävle kommun, 1972, Resvaneenkät II. (Gävle kommun, stadskansliets utredningsavdelning.) Gävle.

Hansen, A. D. & Harreschou, C. F., 1972, Bussens muligheter og kostnader i närtrafikken. (Transportøkonomisk institutt.) Slemdal.

Hill, D. M. & van Cube, H. G., 1963, Development of a model for forecasting travel mode choice in urban areas. (Highway Research Board.) Record 38, p. 78-96. Washington D.C.

Holmberg, 1971, Metod för beskrivning av ett kollektivtrafiksystems standard. (Nordplan.) Arbetshandling. Stencil. Stockholm.

Holmberg, 1972, Samhällsplanering med hänsyn till kollektiv trafik. (Byggforskningen.) Rapport R 33-1972. Stockholm.

Holmberg, 1973, Studie av framkomligheter för bussar i Uppsala centrum. (Nordplan.) Stencil. Stockholm.

Holmberg, 1975, Fysisk struktur och busstrafikens ekonomi. (Kommunikationsdepartementet.) Bilaga till KOLT-utredningen, SOU 1975:48. Stockholm.

Holmberg, 1976, Är bussen trafikfarlig? (SVR.) Väg- och vattenbyggaren nr 5, 1976. Stockholm.

Koenig, 1975, A theory of urban accessibility. (SETRA, Ministère de l'Equipement.). Paris.

KOLT -75, Utredningen om kollektiv trafik i tätort. (Kommunikationsdepartementet.) SOU 1975:48. Stockholm.

Kühle & Hansen, M., 1966, Den kollektive närtrafikk i Oslo, Bergen og Trondheim. (Transportøkonomisk Institutt.) Slemdal.

Lenntorp, B. & Lyngå, C., 1973, En tidsgeografisk studie av kollektivresenärens situation - En metodiskt inriktad undersökning med data från Karlstad tätort. (Institutionen för kulturgeografi och ekonomisk geografi vid Lunds Universitet.) Lund.

Luleå kommun, 1973, Vad tycker ni om busstrafik? (Luleå kommun, planeringsavdelningen.) Luleå.

Lövemark, 1970, Gångtrafikmönster i innerstad. (PLANFOR.) Föreläsning vid fortbildningskurs i stadsbyggnad vid KTH, okt. 1970. Helsingborg.

Mäki och Forslund, 1975, Människans krav, önskemål och preferenser med hänsyn till utformningen av persontransportsystem i nordiska tätorter (Nordiska Ministerrådet, Nordkolt.) Rapport för delprojekt 6, arbetsrapport. Oslo.

Nash, A. N. & Hille, S. J., 1968, Public attitudes toward transport modes: A summary of two pilot studies. (Highway Research Board.) Record 233, p. 33. Washington D.C.

National Survey of Transportation Attitudes and Behavior, 1968. (Highway Research Board.) National Cooperative Highway Research Program Report 49, Phase I, Summary Report.

Nowak, Carlman & Wärneryd, 1968, Masskommunikation och åsiktsförändringar. (Ekonomiska Forskningsinstitutet vid Handelshögskolan i Stockholm.) Stockholm.

Paine, F. et al, 1967, Consumer conceived attributes of transportation; An attitude study. (College of Business Administration, University of Maryland.) Maryland.

Sammenlikningsmetoder, 1973. (Vegplaneutvalget.) Vegplan II: Retningslinjer 5. Oslo.

Sommers, A. & Leimkuhler, F., A nondemographic factor V/STOL prediction model. (ORSA) Bulletin, vol. 16, supplement 2.

Stadsbussar i Borås AB, 1972, Attityder och resvanor i Borås 1971. (Stadsbussar i Borås AB.) Borås.

Studie av effektiviteten hos separerade gångtrafiksystem, 1969. (PLANFOR.) Meddel. nr 15. Helsingborg.

Svantemark, L. & Svidén, A., 1969, Attityder till kollektivt färdmedel. Intervjuundersökning i Malmö 1969. (Inst. för trafikteknik, Tekniska Högskolan i Lund.) Planfor, meddelande nr 19. Lund.

Torgerson, 1958, Theory and methods of scaling. (John Wiley & Sons, inc.) New York.

TU 51, Trafikundersökningar i Stockholmsregionen hösten 1971, 1973. (Stockholms läns landsting, Trafiknämnden.) Stockholm.

Wallström, 1976. Trafikanters val av färdmedel och parkeringsplats. (Byggforskningen.) R28:1976. Stockholm.

Weibull, 1975, Diskussion av några kvantitativa mått på åtkomlighet. Opublicerad stencil.

Wilson, F. R., 1967, Journey to work. (Maclaren and Sons Ltd.) London.

Östersunds kommun, 1972, Trafikantundersökning.

1961 års spårvägstaxeutredning, 1964. (Stadskollegiet i Stockholm.) Stadskollegiets utlåtande och memorial nr 99, bihang, del E. Stockholm.

BETECKNINGAR

a_j = mått på ett utbuds, j, bruttonytta

d = avstånd, restid eller uppoffring

DV_m = dold väntetid i mål

DV_s = dold väntetid i start

DV_{TOT} = total dold väntetid

f = funktion som beskriver avståndets inverkan på nyttan av ett utbud

I = turintervall

p_m = andelen trafikanter med fix startpunkt för aktiviteten som följer på resan

p_s = andelen trafikanter med fix sluttidpunkt för aktiviteten som föregår resan

T = medelrestid för en hel region

T_i = medelrestid till/från ett område

t_b = bytestid

t_g = gångtid

t_{ij} = restid eller uppoffring vid resa mellan område i och j

t_v = väntetid vid hållplats (medelvärde för fram- och återresa)

tv_{dold} = dold väntetid (medelvärde för fram- och återresa)

$t_å$ = åktid

U = nyttan av ett utbud

V = väntetid vid hållplats

x_{ij} = antal resor mellan område i och j

Bilaga 1. Algoritm för val av taxibuss
(se vidare Bjelkåker, 1975)

För varje taxibuss bestämmes värdet på en målfunktion Z enligt nedan. Den buss väljes som har lägst värde på målfunktionen.

$$Z = (N_1 + A_1)e_1 + (N_2 + A_2)e_2 + N(W \cdot T_W + T_Å)$$

där e_1 = omväg för att ta upp de nya passagerarna

e_2 = omväg för att släppa av de nya passagerarna

N_1 = antal passagerare som "drabbas" av omvägen e_1

N_2 = antal passagerare som "drabbas" av omvägen e_2

N = antalet nya passagerare

A = konstant som beaktar fordonskostnaderna vid avvägningen av omvägen

T_W = väntetid

$T_Å$ = åktid

W = vikt på väntetid

Tilldelningen av buss till ett anrop bestämmes dessutom av restriktioner rörande maximal väntetid, åktid och restid. Som maximal väntetid har här använts 20 minuter och som maximal restid = 4 x direktrestiden + 20 minuter. Maximal åktid har erhållits som differensen mellan max restid och max väntetid.

Det bör påpekas att valet av maximal restid påverkar såväl behovet av vagnar som den dolda väntetidens storlek.

Bilaga 2. Kostnader för befintligt bussystem och taxibuss i Linköping

Kostnaderna har beräknats under förutsättning att vagnarna i de två systemen utnyttjas lika mycket.

I det befintliga bussystemet är 26 vagnar i trafik och i taxibuss-systemet 70 vagnar.

Uppgifter om enhetskostnader för de två systemen har hämtats ur Elmberg (1974). Följande enhetskostnader har använts:

	Buss (kr)	Taxibuss (kr)
Fordon, kapitalkostnader samt skatt och försäkring (per vagntim)	12,88	5,62
Förarkostnader (per vagntim)	36,03	36,03
Drivmedel och underhåll (per vagnkm)	1,09	0,43
Trafikledning (per vagntim) (egen uppskattning)	2,3	

För taxibussystemet har kostnaderna för trafikledningen vid den aktuella efterfrågan uppskattats till ca 100 kr per timme, totalt för hela systemet. Uppskattningen har skett med hjälp av ett diagram hämtat ur Elmberg (1974).

Under en timme med en genomsnittlig resefterfrågan på 1 000 resor/timme erfordras följande insatser i de två transportsystemen:

	Buss	Taxibuss
Antal vagnar	26	70
Antal vagnkilometer	447	1040

Totala kostnader per timme med enhetskostnader enligt ovan:

Buss

Vagntimkostnader:

26(12,88 + 36,03 + 2,3) = 1331

Vagnkilometerkostnader:

447 · 1,09 = 487

Totalt: 1818 kr/tim

Taxibuss

Vagntimkostnader:

70(5,62 + 36,03) = 2916

Vagnkilometerkostnader:

1040 · 0,43 = 447

Trafikledning: 100 kr/tim

Totalt: 2916 + 447 + 100 = 3643 kr/tim

Kostnaden per resa blir i det befintliga bussystemet i medeltal ca 1,80 kr och med taxibuss i medeltal ca 3,50 kr.

YHTEENVETO

Yksilöiden mahdollisuuksiin osallistua yhteiskunnan eri toimintoihin vaikuttaa huomattavassa määrin seudun kuljetusjärjestelmän taso. On siksi tärkeää voida määritellä taso-käsitteen sisältö ja kuvata sen laatu eri väestöryhmien ja eri matkatavoitteiden kannalta eri tavoin muotoilluissa kuljetusjärjestelmissä. Tätä tarvitaan sekä olemassaolevan kuljetusjärjestelmän ongelmien tunnistamisessa että vaihtoehtoisten järjestelmien muodostamisessa ja arvioinnissa.

Raportissa on pyritty tasokäsitteen rakenteen määrittelyyn, käyttäen jakona matka-aikataso, mukavuus ja turvallisuus. Selvitys käsittelee lähinnä taajamien paikallislinjaliikennettä. Sitä voitaneen kuitenkin soveltaa suurelta osin myös maaseutuliikenteeseen ja seudulliseen liikenteeseen sekä muihin kulkuvälineisiin.

Matka-aikatason muodostavat tekijät joilla on ratkaiseva merkitys kuljetusjärjestelmän kyvylle tyydyttää matkatarpeita ajallisesti ja tilallisesti: matka-aika, vuorotiheys, vaihdot, liikennöinti-aika ja luotettavuus.

Mukavuus koostuu toisaalta puhtaasti fyysisistä tekijöistä, kuten istumismukavuus, melu, valaistus, sade- ja tuulisuoja, toisaalta psyykkisistä, kuten kontakti- tai eristäytymismahdollisuudet, reitin ja kanssamatkustajien valitsemismahdollisuudet, status jne.

Turvallisuus koostuu liikenneturvallisuudesta ja suojasta päällekarkausta tai häirintää vastaan.

Eri laatutekijöiden merkitystä valaistaan useiden ruotsalaisten ja ulkomaisten tutkimusten tulosten yhdistelmässä. Selostetuissa tutkimuksissa saadaan vastauksia useisiin kysymyksiin.

Tässä yhteydessä ehkä mielenkiintoisin kysymys on, mitä tekijöitä ensisijaisesti halutaan parantaa nykyisissä joukkokuljetusjärjestelmissä.

Useimmiten halutaan ensinnäkin parantaa vuorotiheyttä, toiseksi kokonaismatka-aikaa ja vaihtojen määrää. Jalan kuljettavien matkojen lyhentämistä ei, niin kauan kuin matkat eivät ole erittäin pitkiä, pidetä yhtä tärkeänä.

Mukavuuden suhteen halutaan ensisijassa sade- ja tuulisuojien ja istumapaikkojen lisäämistä sekä enemmän tilaa.

Uusissa ruotsalaisissa tutkimuksissa on ilmennyt, että linja-autolla kulkevat painottavat maksujen alentamista. Sen sijaan tämä vaikuttaa vähemmän autoilijoiden kulkuvälinevalintaan.

Raportissa selostetaan ja vertaillaan kaksi laatutekijöiden merkitystä mittaavaa menetelmää, asennemittaukset ja käyttäytymistutkimukset. Menetelmillä on erilaiset ominaisuudet. Asennemittaukset antavat ensi kädessä laadullista tietoa. Niissä voidaan käsitellä suuri tekijämäärä ja ne asettavat pieniä vaatimuksia mitattavuudelle ja riippumattomuudelle. Käyttäytymistutkimukset mahdollistavat määrällisen kuvauksen, mutta asettavat suuria vaatimuksia mitattavuudelle ja riippumattomuudelle. Usein nämä kaksi menetelmää täydentävät toisiaan.

Seudun osa-alueen tai koko seudun matkatasoa voidaan kuvata usealla eri menetelmällä. Olemme jakaneet menetelmät kahteen pääryhmään niiden pääasiallisen tarkoituksen perusteella.

Ensimmäisen ryhmän menetelmiä nimitetään tässä tavoitettavuudeksi; niiden pääasiallisena tarkoituksena on kuvata työpaikkojen, palvelujen ja muiden toimintojen tarjontaa. Näissä menetelmissä matka-aikaa käsitellään implisiittisesti. Esimerkkinä tavoitettavuusmitasta voi mainita eri matka-aikojen puitteissa tavoitettavissa olevien työpaikkojen määrän.

Toista menetelmäryhmää nimitetään tässä saavutettavuudeksi. Näiden menetelmien tarkoituksena on ensisijaisesti kuvata kuljetusjärjestelmän taso, jonka käsittely on eksplisiittistä. Saavutettavuusmitat saadaan painottamalla eri matkasuhteiden matkataso matkatarpeen mitalla. Saavutettavuusmitan esimerkkinä voi mainita alueen keskimääräisen matka-ajan. Projektin puitteissa on lähinnä kehitetty ja käsitelty toisen ryhmän menetelmiä.

Käsiteltyjen tasonkuvausmallien esimerkkinä on käytetty eräitä suunnittelussa esiintyviä ongelmia. Sovellutukset on tehty Karlstadissa ja Linköpingissä. Kosketamme tässä lyhyesti vain osan raportissa käsitellyistä ongelmista, saavutettavuuden vaihtelua seudun osa-alueiden välillä, linja-auton ja henkilöauton saavutettavuuden vertailua sekä saavutettavuuden parantamista tavanomaiseen linja-autojärjestelmään kohdistuvin toimenpitein suhteessa taksibussin käyttöönottoon.

Selvitykset osoittavat huomattavia eroja linja-autosaavutettavuudessa Karlstadin parhaimman ja huonoimman alueen välillä. Tämä lienee yleispätevää Ruotsin keskisuurten ja suurten kaupunkien kohdalla. Saavutettavuudeltaan huonoimmalla alueella on yli kaksi kertaa suurempi keskimääräinen matka-aika kuin parhaalla.

Linja-autojen matka-ajat ylittävät huomattavasti henkilöautoajat. Karlstadissa linja-auton ja henkilöauton matka-aikojen välinen suhde vaihtelee 1,8 ja 5,6 välillä. Autolla saavutetaan esimerkiksi kaikki taajaman työpaikat 15 minuutissa; linja-autolla tämä voi kestää jopa 65 minuuttia. Huonoimman ja parhaimman alueen saavutettavuuden välinen ero on myös huomattavasti suurempi linja-autojärjestelmässä kuin henkilöautojärjestelmässä.

Sen selvittämiseksi, miten lähelle henkilöauton hyvää saavutettavuutta päästään parantamalla tavanomaista linja-autojärjestelmää, tutkittiin kahta kehäpikalinjaa ja kaikkien linjojen vuorotiheyden voimakasta lisäämistä sisältävä järjestelmä. Vuorotiheys lisättiin keskimäärin 15 minuutista 5 minuuttiin.

Näistä erittäin voimakkaista toimenpiteistä huolimatta, jotka viisinkertaistaisivat vuotuisia kustannuksia, henkilöauton taso saavutetaan vain puoliksi. Linja-autojärjestelmän matka-ajat pienenevät kuitenkin huomattavasti; 90-persentiili pienenee 50 minuutista 30 minuuttiin ja mediaani 30 minuutista 20 minuuttiin.

Tavanomaisella reitistöön ja aikatauluun sidotulla linja-autojärjestelmällä on eräitä merkittäviä puutteita henkilöautoon

verrattuna. Tämä koskee erityisesti riippuvuutta kiinteistä lähtöajoista, pitkiä kiertoteitä erityisesti kehäyhteyksissä sekä monien matkojen edellyttämiä vaihtoja.

Taksibussijärjestelmässä näitä puutteita on suurilta osin poistettu. Parempien tietojen saamiseksi tavanomaisten linja-autojärjestelmien ja taksibussijärjestelmien tasoeroista olemme yhteistyössä OPTKOLT-tutkijaryhmän kanssa verranneet Linköpingin olemassaolevan linja-autojärjestelmän tasoa simuloituun taksibussijärjestelmään.

Taksibussijärjestelmän matka-ajat osoittautuvat 25-50 % olemassaolevan järjestelmän aikoja lyhyemmiksi. Alempi arvo muodostuu otettaessa kaikkien matkojen piilo-odotusaikoja huomioon. Piilo-odotusaika kuvastaa taksibussijärjestelmän suurempaa epävarmuutta perilletulon ajankohdan suhteen.

Taksibussijärjestelmän kustannukset olisivat n. 90 % nykyisen järjestelmän kustannuksia suuremmat. Laskelmiin sisältyy kuitenkin huomattavia epävarmuustekijöitä.

Loppupäätelmä

Suoritetut selvitykset osoittavat raportissa käsiteltyjen tason kuvausmenetelminen olevan arvokkaita apuvälineitä ratkaistaessa monta kuljetussuunnitteluongelmaa. Tämä koskee niin nykyisten järjestelmien ongelmien inventointia kuin tulevien järjestelmien muotoilua ja arviointiakin.

Vielä ratkaisemattomista ongelmista tärkeimmät lienevät kvantifioimattomien tekijöiden mittaaminen sekä matkaketjujen ja aikarajoitusten huomioon ottaminen.